

Rockwell Automation

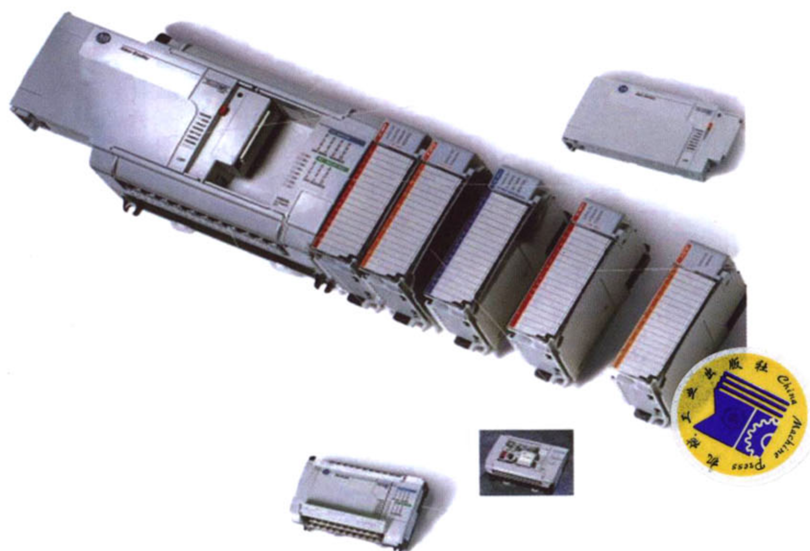
罗克韦尔自动化技术丛书



电气控制与 MicroLogix1200/1500 应用技术



叶昊　王宏宇　蔡文龙　侯艳　等编著





机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

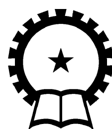
VISIT…

LANZAROTE Caliente.com

罗克韦尔自动化技术丛书

电气控制与 MicroLogix1200/1500 应用技术

叶　昊　王宏宇　蔡文龙　侯　艳　等编著



机 械 工 业 出 版 社

本书介绍了常用低压电器和罗克韦尔自动化公司的 MicroLogix1200/1500 可编程序控制器的基本功能和使用方法，包括 MicroLogix1200/1500 可编程序控制器的性能指标、存储器结构、程序指令、用户程序结构、功能文件、模拟量控制、网络结构以及上位组态软件 RSView32 的简单使用方法。本书还介绍了仿真软件 RSLogix Emulate500 的使用方法。仿真软件的使用可以大大缩短现场调试过程中的时间消耗。附录中给出了各种故障代码，这对工程实践中的故障处理具有实用意义。

本书可作为大专院校工业自动化、电气工程及其自动化、应用电子、机电一体化等专业的教材，也可作为从事自动化专业的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目（CIP）数据

电气控制与 MicroLogix1200/1500 应用技术/叶昊等编著. —北京：机械工业出版社，2014.5
（罗克韦尔自动化技术丛书）
ISBN 978-7-111-47412-8

Ⅰ.①电… Ⅱ.①叶… Ⅲ.①电气控制②可编程序控制器 Ⅳ.①TM921.5②TM571.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 161882 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号　邮政编码 100037）
策划编辑：林春泉　责任编辑：王　荣
版式设计：霍永明　责任校对：刘秀丽
封面设计：鞠　杨　责任印制：刘　岚
北京京丰印刷厂印刷
2014 年 9 月第 1 版·第 1 次印刷
184mm×260mm·16.5 印张·398 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-47412-8
定价：50.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务　　网络服务
社服务中心：（010）88361066　　教材网：http://www.cmpedu.com
销售一部：（010）68326294　　机工官网：http://www.cmpbook.com
销售二部：（010）88379649　　机工官博：http://weibo.com/cmp1952
读者购书热线：（010）88379203　　**封面无防伪标均为盗版**

前　言

低压电器作为基础元器件，广泛应用于工业控制领域，尤其是在控制逻辑相对简单、系统扩展性低、要求控制成本不高的场合。目前，仍然有一些自动控制系统完全是由低压电器来组成实现的。

伴随着控制系统复杂程度的增加，控制系统的规模也越来越大，仅靠低压电器来构建控制系统很难实现众多的控制功能，同时电路的连接也更加复杂，可编程序控制器的出现解决了上述问题。

可编程序控制器是 1969 年由美国数据设备公司为美国通用汽车公司研制的一种工业控制装置，在早期仅仅用于逻辑控制，目前在模拟量控制、运动控制等领域都得到了极其广泛的应用。通过工业控制网络的连接，控制器之间的高效通信问题也得到了很好的解决，控制系统的规模越来越大，可编程序控制器已经成为了自动控制系统的核心部件。同时，不能忽略的一点是，低压电器作为控制系统的外围元器件仍然具有很高的地位。

罗克韦尔自动化公司的 MicroLogix 系列可编程序控制器是众多需要紧凑型控制器企业的选择，其中 MicroLogix1500 是这个系列中的最高版本。MicroLogix 系列可编程序控制器将高速内置 I/O 与模块化的扩展 I/O 相结合，可为所用应用提供合适的 I/O 点数。

目前，市场上出版的日系产品和德系产品的书籍较多，但是介绍罗克韦尔自动化产品的书籍相对较少，尤其缺乏专门介绍具体某一型号产品的书籍。本书正是在这个初衷下编写的。本书可以作为 MicroLogix1200/1500 控制器的教材使用，同时也可用于广大工程技术人员工程实践指导用书。

本书介绍了常用低压电器、电气线路的基本控制原则和基本控制环节、MicroLogix1200/1500 可编程序控制器、MicroLogix 控制器的基本编程指令、用户程序结构、编程软件 RSLogix500 English 的使用方法、功能文件、MicroLogix 控制器在模拟量闭环控制中的应用、MicroLogix 系统通信网络、上位组态软件 RSView32 等内容。书中可编程序控制器的示例均在 MicroLogix1500 LRP Series C（操作系统 FRN 11.0、处理器 FRN 2.0）控制器上通过了验证。

本书第 1、8 章由侯艳撰写，第 2 章由王宏宇撰写，第 4、10 章由蔡文龙撰写，第 3、5、6、7、9 章及附录由叶昊撰写，陈晓堂、韩立哲参与了部分编写和实验设计。全书由叶昊统稿。在整部书的写作过程中，编者得到了罗克韦尔自动化公司大学项目部李磊经理的大力支持，同时吕颖珊和李淼也对本书提出了大量的宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者对知识的理解程度有限，再加上实际应用中的经验积累还很不足，书中难免会有错误和不妥之处，敬请广大读者批评指正。

编　者

2014 年 7 月

目　　录

前言
第 1 章　常用低压电器 …… 1
1.1　概述 …… 1
1.2　电磁式低压电器的结构及工作原理 …… 3
1.2.1　电磁机构 …… 3
1.2.2　触点系统 …… 6
1.2.3　灭弧装置 …… 7
1.3　接触器 …… 9
1.4　继电器 …… 16
1.4.1　电磁式继电器 …… 16
1.4.2　热继电器 …… 21
1.4.3　时间继电器 …… 26
1.4.4　速度继电器 …… 28
1.4.5　罗克韦尔继电器 …… 29
1.5　熔断器 …… 32
1.6　低压刀开关和低压断路器 …… 36
1.6.1　低压刀开关 …… 36
1.6.2　低压断路器 …… 38
1.7　主令电器 …… 42
1.7.1　控制按钮 …… 42
1.7.2　限位开关 …… 43
1.7.3　接近开关 …… 44
1.7.4　万能转换开关 …… 45
1.7.5　主令控制器 …… 46
1.7.6　罗克韦尔自动化主令电器 …… 47
第 2 章　电气电路的基本控制原则和基本控制环节 …… 48
2.1　电气控制系统图的类型及有关标准 …… 48
2.2　电气控制电路基本控制环节 …… 51
2.3　三相异步电动机的起动控制 …… 56
2.4　三相异步电动机的制动控制 …… 60
2.5　三相异步电动机的调速控制 …… 65
2.6　电气控制系统的保护环节 …… 66
2.7　电气控制电路的分析基础 …… 67
第 3 章　MicroLogix1200/1500 可编程序控制器 …… 71
3.1　罗克韦尔自动化公司简介 …… 71
3.2　MicroLogix1200/1500 可编程序控制器 …… 71
第 4 章　MicroLogix 控制器的基本编程指令 …… 77
4.1　PLC 的存储器结构 …… 77
4.1.1　程序文件 …… 78
4.1.2　数据文件 …… 78
4.2　位指令 …… 80
4.3　计时器指令 …… 87
4.4　计数器指令 …… 96
4.5　传送和逻辑运算指令 …… 99
4.6　比较指令 …… 101
4.7　算术指令 …… 104
4.8　移位指令 …… 109
4.9　顺序控制指令 …… 111
4.10　输入/输出指令 …… 116
4.11　程序流程指令 …… 118
4.12　基本指令应用举例 …… 122
第 5 章　MicroLogix1200/1500 可编程序控制器用户程序结构 …… 128
5.1　控制器故障识别 …… 128
5.2　程序基本结构 …… 130
5.3　中断及用户故障处理程序 …… 133
第 6 章　编程软件 RSLogix500 English 的使用方法 …… 144
6.1　RSLogix500 English 编程软件的基本使用方法 …… 144
6.1.1　通信驱动程序的配置 …… 144
6.1.2　RSLogix500 English 编程软件的使用 …… 146
6.2　控制器的 I/O 组态 …… 151
6.3　监视数据 …… 153
6.4　数据文件的保护和程序的加密 …… 156

6.5　仿真软件 …… 158
第7章　功能文件 …… 161
7.1　高速计数器（HSC） …… 161
7.1.1　HSC的工作模式 …… 161
7.1.2　HSC功能文件子元素 …… 164
7.1.3　高速计数器指令 …… 171
7.1.4　PLS文件 …… 172
7.1.5　高速计数器应用实例 …… 175
7.2　脉冲串输出（PTO） …… 179
7.3　脉宽调制（PWM） …… 184
7.4　其他功能文件 …… 185
7.4.1　实时时钟（RTC） …… 185
7.4.2　数据存取仪（DAT） …… 186
7.4.3　微调电位器（TPI） …… 189
7.4.4　存储器模块信息（MMI） …… 192
7.4.5　基本硬件信息（BHI） …… 194
7.4.6　通信状态（CS0、CS1） …… 194
7.4.7　输入/输出状态（IOS） …… 194
第8章　MicroLogix控制器在模拟量闭环控制中的应用 …… 195
8.1　模拟量闭环控制系统 …… 195
8.2　用于MicroLogix1500系统的模拟量输入/输出模块 …… 195
8.3　PID控制器 …… 197
8.4　PID指令的标志位 …… 202
8.5　PID的其他子元素 …… 203
8.6　PID参数的调节 …… 203
第9章　MicroLogix系统通信网络 …… 205
9.1　DH485网络 …… 205
9.1.1　DH485的工作原理 …… 206
9.1.2　DH485的物理链路 …… 206
9.1.3　AIC+高级接口转换器 …… 207
9.2　DF1通信协议 …… 208
9.2.1　DF1全双工协议 …… 208
9.2.2　DF1半双工协议 …… 210
9.2.3　DF1无线电调制解调器协议 …… 216
9.3　Modbus RTU协议 …… 217
9.4　ASCII协议 …… 220
第10章　上位组态软件RSView32简介 …… 222
10.1　RSView32项目的建立 …… 222
10.2　OPC与DDE技术 …… 230
附录 …… 232
附录A　S2：6中故障信息代码 …… 232
附录B　MicroLogix1500控制器状态字 …… 238
附录C　高速脉冲输出PTO故障代码 …… 251
附录D　PWM故障代码 …… 252
附录E　DAT故障代码 …… 253
参考文献 …… 254

第 1 章　常用低压电器

1.1　概述

工业用电器是指根据使用要求及外部控制信号，通过一个或多个器件组合，可自动或手动接通或断开电路，以实现电路中被控对象的控制、切换、保护、检测和调节作用的电气设备。

按工作电压的等级分类可分为高压电器和低压电器。高压电器是指在交流 50Hz、额定电压 1200V、直流额定电压 1500V 及以上的电器产品。低压电器是指在交流额定电压 1200V、直流额定电压 1500V 及以下的电路中起控制、切换、保护、检测和调节作用的电器产品。

本章主要介绍低压电器的结构、内部原理、用途以及它们的图形符号和文字符号，为正确选择和合理使用低压电器提供参考，为电气控制电路的设计打下基础。

低压电器的种类繁多，结构各异，功能多样，其分类方法很多，且相互交叉、覆盖。常用低压电器的种类及用途见表 1-1。

表 1-1　常用低压电器的种类及用途

<table>
<tr><th>序　　号</th><th>类　　别</th><th>主要品种</th><th>主要用途</th></tr>
<tr><td rowspan="5">1</td><td rowspan="5">刀开关
隔离器</td><td>胶盖壳式开关</td><td rowspan="5">主要用于接通和断开电路，实现电路非频繁切换，隔离电源或负载</td></tr>
<tr><td>熔断器式开关</td></tr>
<tr><td>封闭式负载开关</td></tr>
<tr><td>转换开关</td></tr>
<tr><td>组合开关</td></tr>
<tr><td rowspan="6">2</td><td rowspan="6">熔断器</td><td>瓷插式熔断器</td><td rowspan="6">主要用于过载和短路保护</td></tr>
<tr><td>螺旋式熔断器</td></tr>
<tr><td>有填料密闭管式熔断器</td></tr>
<tr><td>无填料密闭管式熔断器</td></tr>
<tr><td>快速熔断器</td></tr>
<tr><td>自复式熔断器</td></tr>
<tr><td rowspan="5">3</td><td rowspan="5">断路器</td><td>塑料外壳式断路器</td><td rowspan="5">主要用于电路非频繁地接通和断开，电路在过载、短路、欠电压、漏电流等情况下起保护功能</td></tr>
<tr><td>智能型断路器</td></tr>
<tr><td>漏电保护器</td></tr>
<tr><td>万能式断路器</td></tr>
<tr><td>框架式断路器</td></tr>
</table>

（续）

序　号	类　别	主要品种	主要用途
4	继电器	电磁式继电器	主要用于控制电路中，实现逻辑控制，将控制量转换成控制电路所需要的电量或开关信号，实现物理控制
		热继电器	
		温度继电器	
		时间继电器	
		中间继电器	
		速度继电器	
5	接触器	交流接触器	主要用于远距离频繁切断负载电路，控制负载
		直流接触器	
		可逆接触器	
		真空接触器	
6	控制器	凸轮控制器	主要用于电源及电路切换，负载通断
		平面控制器	
7	执行器	起重电磁铁	主要用于执行逻辑控制，实现起重、牵引、制动等功能
		牵引电磁铁	
		制动电磁铁	
8	主令电器	按钮	主要用于发布控制命令和信号，改变控制系统工作状态
		指示灯	
		限位开关	
		组合开关	
		万能转换开关	
9	起动器	自耦减压起动器	主要用于电动机起动
		电磁起动器	
		软起动器	

1. 按使用场合和功能的不同

可以分为配电电器、控制电器、执行电器、主令电器和保护电器。

（1）配电电器

主要用于低压配电系统中，在系统发生故障的情况下，对电路及设备进行保护及通断、转换电源或负载的电器。配电系统对配电电器的要求是：动作准确、工作可靠、有足够的热稳定性和电稳定性。常见的配电电器有低压隔离器（刀开关）、熔断器和断路器等。

（2）控制电器

主要用于电力拖动控制系统和电气控制系统中对用电设备的通断进行控制的电器。对控制电器的要求是：工作准确可靠、操作频率高、寿命长等。常见的控制电器有继电器、接触器、按钮、行程开关、变阻器、热继电器和起动器等。

（3）执行电器

主要是用于完成某种控制动作和传动功能的电器，如电磁铁、电磁离合器等。

（4）主令电器

在控制系统中发布控制命令，改变系统状态的电器，如行程开关、转换开关、主令开关等。

（5）保护电器

主要用于对电路或电气设备进行安全保护的电器，如热继电器、熔断器和各种保护继电器、避雷器等。

2. 按照控制电器动力的不同

可分为自动控制电器和非自动控制电器。

自动控制电器是指在电磁力的作用下，自动执行动作命令的电器，如低压断路器、接触器、继电器等。

非自动控制电器是指人手操作发出动作指令的电器，如刀开关、按钮等。

3. 按输出形式的不同

可分为有触点控制电器和无触点控制电器。

有触点控制电器是指电路的通断功能由触点实现，如接触器、继电器等。

无触点控制电器是指电路的通断功能不是由触点实现，而是由输出信号的高低电平来实现，如晶闸管的导通与截止。

4. 按工作原理的不同

可分为电磁式电器和非电量控制电器。

电磁式电器是指由电磁机构控制电器动作的电器，如接触器、继电器等。

非电量控制电器是指由非电磁机构控制电器动作的电器，如按钮、行程开关等。

1.2　电磁式低压电器的结构及工作原理

电气控制系统中以电磁式电器的应用最为普遍。电磁式低压电器是利用电磁感应原理实现电器功能的电器类型，此类电器在工作原理及结构组成上大体相同。接触器和继电器是控制系统中最常用的两种电磁式低压电器，其结构由电磁机构、触点系统以及灭弧装置三部分组成。

1.2.1　电磁机构

电磁机构由线圈、铁心（静铁心）、衔铁（动铁心）及气隙组成。衔铁与受控电路的触点系统相连。在线圈中通以一定的电压或电流产生励磁信号，铁心中就会产生磁场，并通过气隙转化成机械能，从而吸引衔铁，带动触点系统断开或接通受控电路。通过电磁感应原理将电能转化成机械能。

1. 电磁机构的结构

常用电磁机构的结构如图 1-1 所示。根据结构的不同存在多种分类方法。

（1）按衔铁的运动方式分类

衔铁沿棱角转动的拍合式铁心，如图 1-1a 所示。衔铁绕静铁心的棱角转动，磨损较小，铁心用软铁制成，适用于直流接触器和继电器。

衔铁沿轴转动的拍合式铁心，如图 1-1b 所示。衔铁绕轴转动，铁心用硅钢片叠成，常用于较大容量的交流接触器中。

衔铁作直线运动的直动式铁心，如图 1-1c 所示。衔铁在磁力作用下直线运动，较多用于中小容量的交流接触器和继电器中。

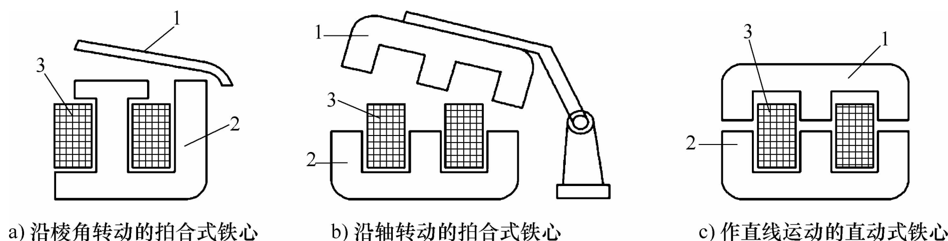


图 1-1 常用电磁机构结构

1—衔铁 2—铁心 3—线圈

（2）按铁心形状分类

按铁心形状分为图 1-1a 所示的 U 形和图 1-1b 所示的 E 形。

（3）按励磁线圈的通电种类分类

按励磁线圈的通电种类分为交流励磁线圈和直流励磁线圈。交流励磁线圈通以交流电时，为了减小因涡流造成的能量损耗和温升，铁心和衔铁需用硅钢片叠成；对于直流励磁线圈，铁心和衔铁可以用整块电工软钢做成。

（4）按励磁线圈的连接方式分类

按照励磁线圈的连接方式，可分为并联和串联。并联于电路工作的励磁线圈称为电压线圈，如图 1-2 所示。线圈的匝数多，阻抗大，电流小，常用绝缘较好的电线绕制。

串联于电路工作的励磁线圈称为电流线圈，如图 1-3 所示。线圈的匝数少，阻抗小。衔铁动作与否取决于线圈中电流的大小，衔铁动作不改变线圈中的电流大小。

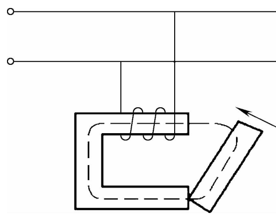


图 1-2 电压线圈

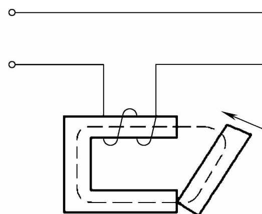


图 1-3 电流线圈

2. 电磁机构的工作原理

励磁线圈通电以后，作用在衔铁上的力有电磁吸力和反力。铁心吸引衔铁带动触点改变电路通断状态的力称为电磁吸力。而反力则是由释放弹簧和触点弹簧所产生的力。电磁机构使衔铁吸合的力与气隙的关系曲线称为吸力特性。电磁机构使衔铁释放（复位）的力与气隙的关系曲线称为反力特性。电磁机构的工作特性常用吸力特性和反力特性来表示。

（1）吸力特性

电磁机构的吸力与很多因素有关，当气隙 δ 比较小时，吸力可按下式近似求得：

$$F = 4B^2S \times 10^5 \tag{1-1}$$

式中，F 为电磁吸力（N）；B 为气隙磁通密度（T）；S 为吸力处端面积（m^2）。

当吸力处端面积 S 为常数时，电磁吸力 F 与气隙磁通密度的二次方 B^2 成正比，也可认为 F 与磁通的二次方 Φ^2 成正比。即

$$F \propto \Phi^2 \tag{1-2}$$

电磁机构的吸力特性反应的是电磁吸力与气隙的关系。励磁线圈中电流的种类不同，吸力特性也不同。

1）交流电磁机构的吸力特性。交流电磁机构励磁线圈的阻抗主要取决于线圈的电抗（电阻相对很小），那么

$$U \approx E = 4.44 f \Phi N \tag{1-3}$$

式中，U 为线圈电压（V）；E 为线圈感应电动势（V）；f 为线圈外加电压的频率（Hz）；Φ 为气隙磁通（Wb）；N 为线圈匝数。

交流励磁时，电压、磁通都会随时间作周期性变化，所以电磁吸力也会做周期性变化。式（1-3）中，当频率 f、匝数 N 和外加电压 U 都为常数时，Φ 也为常数，所以电磁吸力 F 也为常数，这里是指其幅值不变。电磁吸力 F 与气隙 δ 没有关系，但实际上，吸力 F 随气隙 δ 的减小略有增加，其吸力特性如图 1-4 所示。根据磁路定律，交流励磁线圈的电流 I 与气隙 δ 成正比。在交流电磁机构中，励磁线圈通电而衔铁尚未动作时，电流会达到吸合后额定电流的几倍甚至几十倍。如果衔铁过度频繁地动作或者卡住不吸合，励磁线圈很可能会烧毁。所以在一些操作比较频繁或性能要求比较高的场合，不适合使用交流电磁机构。

2）直流电磁机构的吸力特性。对于直流电磁机构，当外加电压恒定时，励磁电路电流仅与线圈电阻有关，不受气隙变化的影响，即

$$I = \frac{U}{R} \tag{1-4}$$

式中，I 为线圈电流（A）；U 为外加电压（V）；R 为直流电阻（Ω）。

当电压恒定时，磁通 Φ 与气隙 δ 有关，即

$$\Phi = \frac{IN}{R_m} = \frac{IN}{\dfrac{\delta}{\mu_0 S}} = \frac{IN\mu_0 S}{\delta} \tag{1-5}$$

式中，N 为线圈匝数；R_m 为磁阻（H^{-1}）；μ_0 为真空磁导率（H/m）；δ 为气隙（mm）；S 为吸力处端面积（m^2）。所以，直流电磁机构的吸力 F 与气隙 δ 的二次方成反比，即

$$F \propto \Phi^2 \propto \frac{1}{\delta^2} \tag{1-6}$$

其吸力特性如图 1-5 所示。

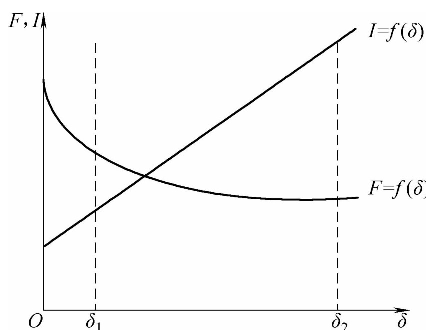


图 1-4　交流电磁机构的吸力特性

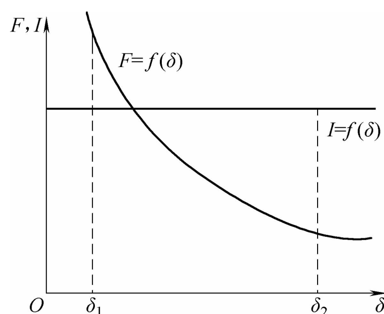


图 1-5　直流电磁机构的吸力特性

直流电磁机构中，励磁线圈通电衔铁闭合前后，只要外加电压恒定，则电流不变。因此，直流电磁机构适合在一些动作比较频繁的场合、性能要求比较高的场合使用。但当励磁线圈断电时，$I \times N$ 急速下降至 0，电磁机构中磁通急速变化在励磁线圈中产生较大的反电动势，易使线圈过电压烧毁。解决方法是可以在励磁线圈上并联一电阻，当励磁线圈断电以后，励磁线圈和电阻形成放电电路，将磁场中的能量转化为电阻上的热能消耗掉，避免产生过电压现象。电阻 R 在电路长期正常通电工作时会产生能量损耗，此时，要与电阻串联一个二极管，在正常工作时放电电路不工作，如图 1-6 所示。

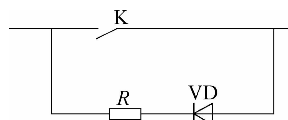


图 1-6　直流线圈上并联放电回路

（2）反力特性

电磁机构使衔铁释放的力有两种，一种是弹簧的反力；另一种是衔铁自身的重力。弹簧反力与其形变位移成正比。自重的反力与气隙的大小无关。反力特性如图 1-7 中曲线 3 所示。为了保证使衔铁能牢牢吸合，反作用力特性必须与吸力特性配合好。吸合过程中，吸力作用要大于反力作用，但也不能过大或过小。吸力过大时，冲力也大，易损坏触点和衔铁，影响电器的使用寿命。吸力过小时，冲力不足，衔铁运动速度过慢，难以满足高频通断电路的要求。释放过程中，反力作用要大于吸力作用，才能保证衔铁可靠释放。实际使用中，可调整反力弹簧或触点初压力以改变反力特性，使之与吸力特性有良好的配合，有助于电器在控制系统中发挥良好的性能。

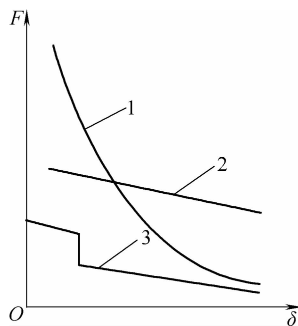


图 1-7　吸力特性和反力特性
1—直流吸力特性　2—交流吸力特性　3—反力特性

1.2.2　触点系统

触点是低压电磁式电器的执行部分，起通、断电路的作用。在有触点的电气元器件中，基本功能是靠触点来完成的。因此，要求使用导电、导热及耐磨性良好的金属材料做触点，故应考虑其材质和结构设计。对于电流容量较小的低压电器，如微型的继电器，常采用银质材料作触点。其优点是银的氧化膜电阻率与纯银相近，与其他材质（比如铜）相比，可以避免因长时间工作，触点表面氧化膜电阻率增加而造成触点接触电阻增大，有较低而稳定的接触电阻。对于大中容量的低压电器，一般采用铜质材料，避免或减少触点表面氧化物，保持触点清洁。

触点可分为动触点和静触点，与机械装置联动的触点称为动触点，固定不动的触点称为静触点。电磁式电器在线圈未通电时，触点有常开（动合）和常闭（动断）两种触点。原始状态下，常开触点是断开状态，动触点与静触点处于断开状态。常闭触点中动触点和静触点处于闭合状态。当线圈通电时，常开触点改变状态，动触点与静触点闭合，接通电路。常闭触点中动触点与静触点断开，使得电路断开。

触点的接触形式有三种：点接触、面接触和线接触。点接触是半球形与半球形或半球形与平面形接触，适用于电流小、触点压力小的电器中，如图 1-8a 所示；面接触是平面对平面，适用于大电流的场合，如图 1-8b 所示；线接触是圆柱形对圆柱形或圆柱形对平面形，适用于电流较大、触点分合频繁的场合。线接触其触点在接触过程中是滚动动作，如图 1-8c

所示。开始接触时，动触点和静触点在 A 点接触，靠弹簧的压力，触点由 A 点经 B 点滚动到 C 点。闭合状态下，长期工作在 C 点。断开时运动过程与闭合时相反。动触点滚动的过程中产生摩擦，可以自动清除触点表面的氧化膜。

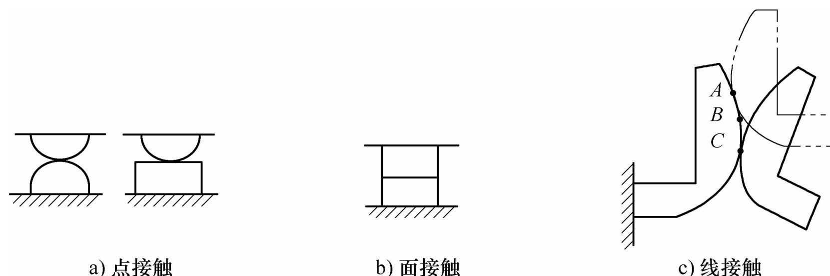


图 1-8　触点接触形式

触点的结构类型有两种，分为桥式触点和指形触点。桥式触点如图 1-9a 和图 1-9b 所示，多为点接触和面接触，图中桥式触点为常开触点。当线圈通电后，动触点跟随衔铁向铁心运动，与静触点接触，接通电路。图 1-9c 为指形触点，触点闭合、断开的过程中有滚滑运动，可自动清除触点表面氧化物，多作为接触器的主触点使用。

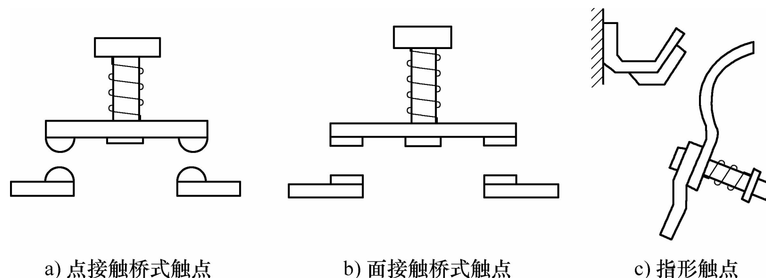


图 1-9　触点结构形式

1.2.3　灭弧装置

触点由闭合到断开时，触点间间隙较小，电场强度极大，金属触点内部电荷在电场力作用下产生大量运动的带电粒子，形成电子流产生电弧，出现放电现象。电弧伴随高温、高热和强光，会烧毁触点，使电路不能正常通断，发生故障。要保证电路与电气元器件的安全工作，对切换较大电流的触点系统，必须采取有效的灭弧措施。要熄灭电弧，必须降低电弧的温度和电磁强度。降低电弧温度可增大散热面积，将电弧与冷却介质接触。增大触点间隙，增大电弧长度，可降低电磁强度。常用的灭弧方法有电动力灭弧、栅片灭弧、磁吹式灭弧及灭弧罩。

1. 电动力灭弧

电动力灭弧如图 1-10 所示，当触点断开时，触点间产生电子流。电流在触点间隙中产生磁通方向垂直纸面向里的磁场。利用法拉利电磁感应定律左手定则，触点间的电弧受到力

F 的作用将电弧从触点间向外拉伸，使其迅速冷却熄灭。

2. 栅片灭弧

灭弧栅片是一些片间距离 2～3mm 的绝缘镀铜钢片组成，如图 1-11 所示。当电弧产生后，会受到力 F 的作用被拉入到栅片中，被分割成一段一段的短弧。当短弧的交流电压过零时，电弧熄灭。电弧熄灭后很难重燃，重燃需要相邻栅片间必须要有 150～250V 的电压降限制条件，而且栅片具有散热作用，能够很快带走电弧上的热量。

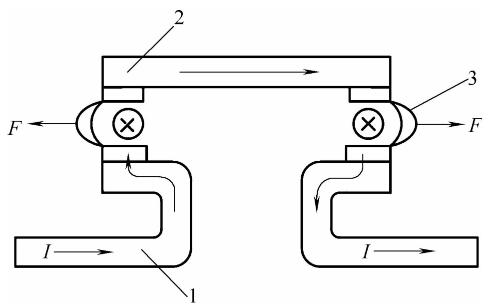


图 1-10 电动力灭弧

1—静触点 2—动触点 3—电弧

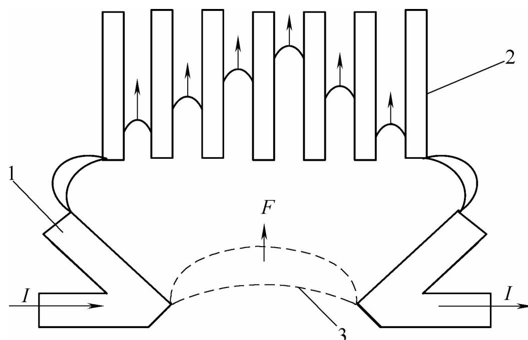


图 1-11 栅片灭弧

1—触点 2—灭弧栅片 3—电弧

3. 磁吹式灭弧

利用电弧电流本身灭弧，电弧电流越大，灭弧能力也越强。磁吹式灭弧如图 1-12 所示。在触点电路中串入磁吹线圈 3，该线圈产生的磁通经过导磁夹板 4 引向触点 7 和 9 周围，根据右手定则在电弧处磁通方向为⊗。触点电弧产生的磁通方向在电弧下方为⊗，电弧上方为⊙。在电弧下方两个磁通是相加的，而在电弧上方是彼此相减的。在磁场作用下产生向上运动的力 F 将电弧拉长，经引弧角 6 引入灭弧罩 5 中，电弧被拉长并受到冷却而很快被熄灭，这种方式广泛应用于直流灭弧装置中，如直流接触器中。

4. 灭弧罩

灭弧罩利用窄缝实现灭弧，如图1-13所示。灭弧罩中有多条上窄下宽的纵缝，当触点

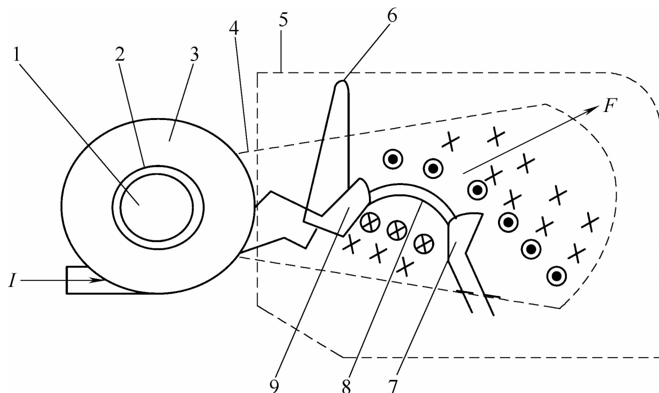


图 1-12 磁吹式灭弧

1—铁心 2—绝缘管 3—磁吹线圈 4—导磁夹板 5—灭弧罩 6—引弧角 7—动触点 8—电弧 9—静触点

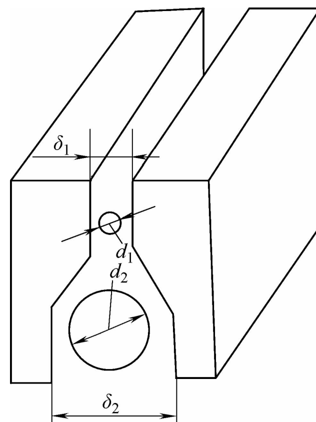


图 1-13 窄缝灭弧

断开时，电弧受到力的作用进入纵缝中，电弧被分割成若干短弧。同时，短弧的直径在纵缝中不断被压缩，使得电弧与灭弧罩纵缝紧密接触。灭弧罩通常用耐热陶土、石棉水泥或耐热塑料等材料制成。灭弧罩能冷却电弧，快速熄灭电弧。

1.3　接触器

接触器是一种能频繁地接通和断开远距离用电设备交直流主回路及其他大容量（大电流）控制回路的自动控制电器。其主要控制对象是电动机，也可以用于控制其他电力负载、电热器、电照明、电焊机与电容器组等。它具有控制量大、过载能力强、操作频繁、工作可靠、设备简单经济等特点，还具有零电压保护、欠电压释放保护等作用。因此，在电力拖动和自动控制系统中，接触器是运用最广泛的控制电器之一。但接触器不具有过电流保护功能，在线路中使用时需要与带有过电流保护功能的电器配合使用，如配合熔断器、断路器、热继电器等。

接触器按流过线圈的电流种类可分为交流接触器和直流接触器。典型产品有交流接触器 CJ 型和直流接触器 CZ 型。其中，以交流接触器 CJ 型应用更为广泛。

1. 电磁式接触器的结构和工作原理

接触器主要由电磁机构、触点系统、灭弧装置和辅助部件四部分组成。结构如图 1-14 所示。

（1）电磁机构

电磁机构是电磁式接触器的重要组成部分，电磁机构由电磁线圈、铁心和衔铁组成。其基本原理在上一节中已介绍，在此不再累述。

交流接触器铁心的磁通是交变的，磁通穿过铁心后会产生涡流和磁滞损耗，使铁心发热。当电源频率变化时，磁通过零，电磁吸力为零，衔铁会产生强烈的振动和噪声，使铁心松散，所以铁心和衔铁采用硅钢片叠成，减小涡流和磁滞损耗带来的能量损耗。短而粗圆筒状线圈缠绕在骨架上，有利于散热。在铁心的端面上安装一个铜制的短路环，解决衔铁振动的问题。

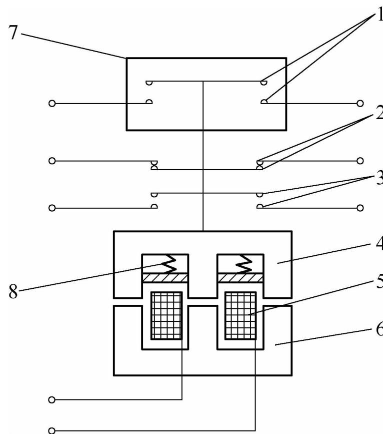


图 1-14　电磁式接触器结构示意图
1—主触点　2—常闭辅助触点
3—常开辅助触点　4—动铁心
5—线圈　6—静铁心
7—灭弧罩　8—弹簧

直流接触器穿过铁心的磁通是不变的，不会产生涡流和磁滞损耗，铁心不会发热。铁心可以采用整块软钢制成。线圈绕成长而薄的圆筒状，无线圈骨架，线圈接触铁心散热。当电流大于 250A 时，直流接触器采用串联双绕组线圈。

（2）触点系统

触点是接触器的执行部分，包括主触点和辅助触点，如图 1-15 所示。主触点的作用是接通和分断主回路，控制较大的电流，一般三对为常开触点，而辅助触点通断较小电路的控制，在控制回路中起联锁作用，辅助触点没有灭弧装置。辅助触点一般有常开、常闭触点各两对成对构成。当线圈通电后，衔铁受到铁心的吸引力，克服复位弹簧的反力，带动主触点由常开状态到闭合，而辅助触点中常闭触点先断开，然后常开触点闭合，辅助触点是联动

的。当线圈中的电压降低时，磁通减小，衔铁受到的吸引力小于复位弹簧反力时，主触点断开，辅助触点中常开触点恢复断开状态，常闭触点闭合，整个触点恢复到最初状态。

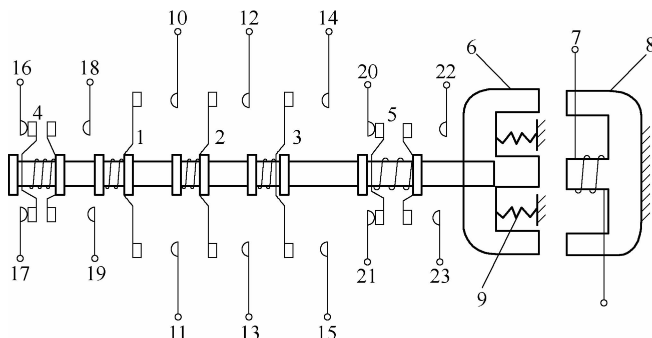


图 1-15 接触器触点系统

1、2、3—主触点 4、5—辅助触点 6—衔铁 7—线圈 8—铁心 9—复位弹簧

10、11、12、13、14、15—主触点常开触点 16、17、20、21—辅助触点常闭触点

18、19、22、23—辅助触点常开触点

（3）灭弧装置

直流接触器和电流在 20A 以上的交流接触器均装有灭弧装置。直流电弧要比交流电弧难熄灭，直流接触器常采用磁吹式灭弧装置，而交流接触器采用灭弧罩或栅片灭弧。直流接触器与交流接触器不能任意互换使用，否则会因灭弧困难发生故障，造成事故。

（4）辅助部件

辅助部件包括缓冲弹簧、垫毡、底座等部件。

（5）电气图中的图形符号和文字符号

如图 1-16 所示。

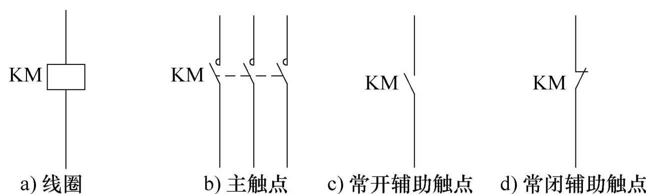


图 1-16 接触器的图形符号和文字符号

2. 典型产品及主要技术参数

（1）典型产品

电磁式交流接触器是应用最广泛，产品系列和种类最多的接触器。典型的产品有 CJ20、CJ21、CJ26、CJ29、CJ35、CJ40、LC1-D、B、3TB、3TF 等系列。其中，LC1-D 是法国 TE 公司的产品；B 系列是 ABB 公司的产品；3TB、3TF 是德国西门子公司的产品。直流接触器有 CZ0、CZ18、CZ21、CZ22 等系列产品。交流接触器尤以 CJ 型应用更加广泛。例如，CJ20 系列交流接触器（以下简称接触器），主要用于交流 50Hz（或 60Hz），额定工作电压至 660V，额定工作电流至 630A 的电路中，供远距离接通和分断电路之用，并可与适合的热过

载继电器组合，以保护可能发生操作过负载的电路。接触器型号如图 1-17 所示。

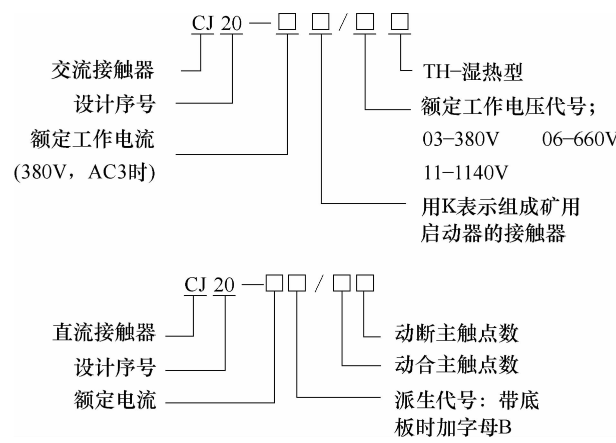


图 1-17　接触器型号

（2）主要技术参数

接触器的主要技术参数有极数和电流种类、额定电压、额定电流、吸引线圈额定电压、接通和分断能力、允许操作频率、使用类别及机械寿命和电气寿命，见表 1-2 和表 1-3。

表 1-2　CJ20 系列交流接触器主要技术参数

型号	辅助触点额定电流/A	吸引线圈额定电压/V	主触点额定电流/A	主触点额定电压/A	可控电动机最大功率/kW	机/电寿命/万次操作频数/（次/h）
CJ20-10	5	交流 36，127，220，380	10	380/220	4/2.2	1000/100 1200
CJ20-15			16		7.5/4.5	
CJ20-25			25		11/5.5	
CJ20-40			40		22/11	
CJ20-63			63		30/18	600/120 1200
CJ20-100			100		50/28	
CJ20-160			160		85/48	
CJ20-250			250		132/80	300/60 600
CJ20-400			600		220/115	

表 1-3　CZ0 系列直流接触器主要技术参数

型号	额定电压/V	额定电流/A	额定操作频率/(次/h)	主触点极数		最大分断电流/A	辅助触点形式及数目		吸引线圈功率/W
				常开	常闭		常开	常闭	
CZ0-40/20	440	40	1200	2	—	160	2	2	22
CZ0-40/02		40	600	—	2	100	2	2	24
CZ0-100/10		100	1200	1	—	100	2	2	24
CZ0-100/01		100	600	—	1	250	2	1	24
CZ0-100/20		100	1200	2	—	400	2	2	30

（续）

型号	额定电压/V	额定电流/A	额定操作频率/(次/h)	主触点极数		最大分断电流/A	辅助触点形式及数目		吸引线圈功率/W
				常开	常闭		常开	常闭	
CZ0-150/10	440	150	1200	1	—	600	2	1	30
CZ0-150/01		150	600	—	1	375	2	1	25
CZ0-150/20		150	1200	2	—	600	2	2	40
CZ0-250/10		250	600	1	—	1000	5（其中 1 对动合，另 4 对任意组合成常开或常闭）		31
CZ0-250/20		250	600	2	—	1000			40
CZ0-400/10		400	600	1	—	1600			28
CZ0-400/20		400	600	2	—	1600			43
CZ0-600/10		600	600	1	—	2400			50

1）极数和电流种类。由接触器主触点的个数决定其极数，有两极（2P）、三极（3P）和四极（4P）接触器。按主触点接通和分断主电路的电流种类分为交流接触器和直流接触器。

2）额定电压。指的是主触点之间正常工作电压值，大小等于主触点所在电路的电源电压或负载的额定电压。

3）额定电流。指在正常工作条件下，主触点的额定电流值。

4）吸引线圈额定电压。指接触器正常工作时，吸引线圈上所加的电压值。

5）接通和分断能力。指主触点在规定条件下，能可靠地接通和分断的电流值。

6）允许操作频率。接触器在吸合瞬间，吸引线圈需消耗比额定电流大 5 ~7 倍的电流，如果操作频率过高，则会使线圈严重发热，直接影响接触器的正常使用。为此，规定了接触器的允许操作频率，一般为每小时允许操作次数的最大值。

7）使用类别。接触器用于不同负载时，对主触点的接通和分断能力的要求也不同。按不同使用条件来选用相应使用类别的接触器便能够满足要求。接触器常见的使用类别及典型应用见表 1-4。

表 1-4　接触器常用使用类别和典型用途

电流种类	使用类别	典型用途
AC（交流）	AC-1	无感或微感负载、电阻炉
	AC-2	绕线转子电动机的起动和中断，笼型电动机的起动和中断
	AC-3	笼型异步电动机的起动、运动中分断
	AC-4	笼型异步电动机的起动、反接制动与反向运转、点动
DC（直流）	DC-1	无感或微感负载、电阻炉
	DC-2	并励电动机的起动、反接制动、反向和点动
	DC-3	串励电动机的起动、反接制动、反向和点动
交流和直流	A	无额定短时耐受电流要求的电路保护
	B	具有额定短时耐受电流要求的电路保护

8）机械寿命。机械寿命用在需要正常维修或更换机械零件前，电器所能承受的无载操作循环次数来表示（次/小时）。

9）电寿命。电寿命用在正常工作条件下，无须修理或更换机械零件的负载操作循环次数来表示（次/小时）。

3. 选用原则

接触器的选用，应根据负载的类型和工作参数合理选用。

（1）接触器极数和类型的选择

接触器的使用类别应与负载性质相一致，控制交流负载应选用交流接触器，控制直流负载则选用直流接触器。根据主触点控制的相数确定接触器的极数，接触器常开、常闭触点数目要满足控制要求。

（2）选择主触点的额定电压

接触器铭牌上所标电压指主触点能承受的额定电压，并非吸引线圈的电压。使用时接触器主触点的额定电压应不小于所控制电路的额定电压。

（3）选择主触点额定电流

接触器的额定电流应大于或等于所控制电路的额定电流。

1）对于操作频率不高的电动机及电热设备，如电阻炉、电热器等，负载的冷态电阻较小，因此起动电流相应要大一些。选用接触器时可不用考虑起动电流，直接按负载额定电流选取。

2）起动电流大、起动时间长的照明设备的控制，可按额定电流1.1～1.4倍选取交流接触器。

3）如果冷却条件较差，选用接触器时，接触器的额定电流按负载额定电流的1.1～1.2选取。长时间工作的电动机，由于接触器触点的氧化膜没有机会得到清除，使接触电阻增大，导致触点发热超过允许温升，实际选用时，可将接触器的额定电流减小30%使用。

（4）线圈额定电压的选择

接触器线圈的额定电压由所接控制电路电压来确定，线圈额定电压不一定等于主触点的额定电压，接触器在线圈额定电压85%及以上时应能可靠地吸合。当线路简单，使用电器少时，可直接选用380V或220V的电压。如线路复杂，使用电器超过5h，可用24V、48V或110V电压的线圈。

（5）操作频率的选择

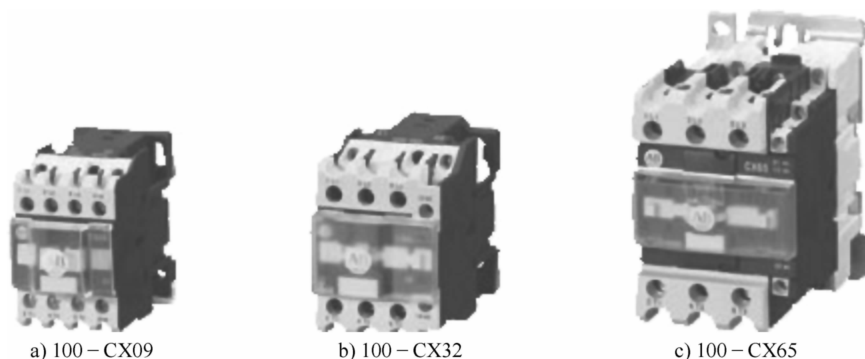
对重任务型电动机其平均操作频率超过100次/min，运行于起动、点动、正反向制动、反接制动等状态，可选用CJ10Z、CJ12型的接触器。对特重任务电动机，如印刷机、镗床等，操作频率很高，可达600～12000次/h，经常运行于起动、反接制动、反向等状态，接触器大致可按电气寿命及起动电流选用。

4. 罗克韦尔自动化接触器

（1）典型产品

罗克韦尔自动化公司生产的Bulletin 100系列接触器中有100-K系列、100-C系列、100-CX系列、100-D系列和100-DX系列等产品。除了Bulletin 100系列外，还有Bulletin 104可逆接触器系列、Bulletin 100S安全接触器系列等。Bulletin 104-CX系列是Bulletin 104系列中的一种，而100S-C系列、100S-D系列是Bulletin 100S系列的两种产品。

Bulletin 100-CX 系列接触器是一款典型的被广为应用的产品，外形如图 1-18 所示。Bulletin 100-CX 系列接触器尺寸紧凑，具有电气寿命长、功能先进、结构稳定可靠以及模块化的特点；具有可逆线圈接线端子，线圈接线端子采用进线端或负载端接线，方便现场布线；可安装在 35mm 的导轨上，能覆盖 4 ~ 45kW（9 ~ 95A）交、直流电动机的控制。100-C 系列、100-K 系列接触器除上述特点外，还具有电子式及空气式定时模块。这里主要介绍 Bulletin 100-CX 系列接触器的主要技术参数。



a) 100－CX09　　b) 100－CX32　　c) 100－CX65

图 1-18　Bulletin 100-CX 系列接触器

（2）主要技术参数

Bulletin 100-CX 系列接触器的主要技术指标有主触点额定电压和额定电流、线圈电压、接触器极数、辅助触点形式及数量和使用类别等，见表 1-5 和表 1-6。

表 1-5　100-CX 系列交流接触器技术指标

用于切换交流电动机负载										最大 I_e/A	
直接起动				AC-3							
3 极	4 极	辅助触点		额定功率/kW（50Hz）							
				3 相							
产品目录号	产品目录号	N. O	N. C	220V 230V	380V 400V	415V	440V	500V	660V 690V	AC-1 40℃	AC-3 60℃
100-CX09 * 10	100-CX09 * 400	1	0	2. 2	4	4	4	5. 5	5. 5	25	9
100-CX09 * 01		0	1								
100-CX12 * 10	100-CX12 * 400	1	0	3	5. 5	5. 5	5. 5	7. 5	7. 5	25	12
100-CX12 * 01		0	1								
100-CX18 * 10		1	0	4	7. 5	9	9	10	10	32	18
100-CX18 * 01		0	1								
100-CX25 * 10	100-CX25 * 400	1	0	5. 5	11	11	11	15	15	40	25
100-CX25 * 01		0	1								
100-CX32 * 10		1	0	7. 5	15	15	15	18. 5	18. 5	50	32
100-CX32 * 01		0	1								
100-CX38 * 10		1	0	9	18. 5	18. 5	18. 5	18. 5	18. 5	50	38
100-CX38 * 01		0	1								
100-CX40 * 11	100-CX40 * 400	1	1	11	18. 5	22	22	22	30	60	40

（续）

用于切换交流电动机负载										最大 I_e/A	
直接起动				AC-3							
3极	4极	辅助触点		额定功率/kW（50Hz）							
				3相							
产品目录号	产品目录号	N.O	N.C	220V 230V	380V 400V	415V	440V	500V	660V 690V	AC-1 40℃	AC-3 60℃
100-CX50 * 11		1	1	15	22	25	30	30	33	80	50
100-CX65 * 11	100-CX65 * 400	1	1	18.5	30	37	37	37	37	80	65
100-CX80 * 11		1	1	22	37	45	45	55	45	125	80
100-CX95 * 11	100-CX95 * 400	1	1	25	45	45	45	55	45	125	95

表1-6　线圈电压选型表

AC 50Hz	24V	48V	110V	220V	380V
	K	Y	D	F*	N
DC	24V	—	—	220V	—
	ZJ	—	—	ZF	—

1）接触器极数。Bulletin 100-CX系列交流接触器通常有3极和4极。辅助触点最少1个（常开或常闭），最多4个（2个常开、2个常闭）。4极接触器的本体无辅助触点。

2）额定电压。交流接触器的额定电压等级有220V、380V、400V、500V、660V等。

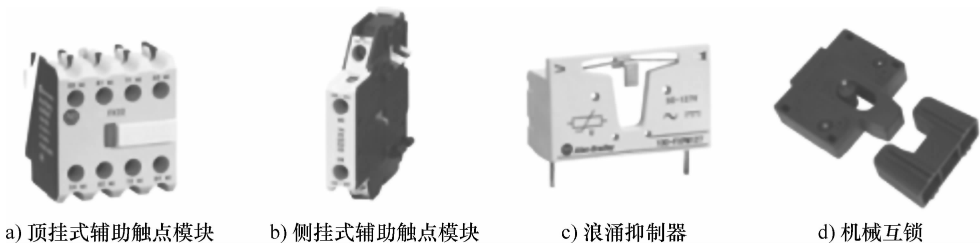
3）额定电流。Bulletin 100-CX系列接触器能覆盖9~95A交、直流电动机的控制。实际选型时，要根据规定的使用类别来确定。通常额定电流应等于或稍大于负载的额定电流值。

4）线圈电压。Bulletin 100-CX系列接触器线圈分交流线圈和直流线圈。交流线圈在AC 50Hz时，线圈电压等级有24V(K)、48V(Y)、110V(D)、220V(F*)、380V(N)。直流线圈电压等级有24V(ZJ)和220V(ZF)。

5）使用类别。Bulletin 100-CX系列接触器的使用类别为AC-3。

（3）扩展附件

罗克韦尔自动化生产的低压电器产品多数具有扩展附件，利用扩展附件完成所需的辅助功能。就接触器而言，不同系列的接触器，它的扩展附件是不同的。100-CX系列交流接触器可使用的扩展附件有顶挂式辅助触点模块、侧挂式辅助触点模块、浪涌抑制器及机械互锁，如图1-19所示。



a) 顶挂式辅助触点模块　b) 侧挂式辅助触点模块　c) 浪涌抑制器　d) 机械互锁

图1-19　扩展附件

1.4 继电器

继电器是一种按照外界特定输入信号来控制和保护电路或用于信号的转换的电器。这种特定的输入信号可以是电压、电流等电信号，也可以是温度、压力、时间、速度等非电量。

随着科学技术的不断发展，继电器产品在结构、性能等方面越来越完善。在电器控制领域中，应用越来越广泛。

继电器种类很多，相应的分类方法很多，根据功能和生产需要可将其分为控制继电器和信号继电器。控制继电器输入、输出都是电信号，状态是 0 和 1。0 和 1 分别代表规定的不同物理量值。实际控制继电器就是一种电器逻辑门，将信号进行放大、增多或逻辑运算处理后输出，实现电路的控制。常用的控制继电器有电磁式继电器，电磁式继电器有电压继电器、电流继电器和中间继电器等。

信号继电器是将非电量的变化转化为电信号的控制电器，常用的这类继电器有热继电器、时间继电器、速度继电器等。

1.4.1 电磁式继电器

在低压控制系统中，采用最多的继电器是电磁式继电器。电磁式继电器中电压继电器反应的是电压信号，有欠电压继电器和过电压继电器。电流继电器反应的是电流信号，有欠电流继电器和过电流继电器之分。中间继电器实质上是电压继电器的一种，具有触点数目多、电流容量大等特点。

1. 电磁式继电器的结构和工作原理

电磁式继电器的结构和工作原理与电磁式接触器相似，由电磁机构、触点系统和调节装置组成。调节装置主要是为了改变继电器的动作参数，满足继电器的控制要求，如调节螺母和非磁性垫片。电磁式继电器的典型结构如图 1-20 所示。

电磁式继电器与接触器的主要区别有两点。一是继电器触点容量小，一般在 5A 以下，适合控制小电流电路。触点容量均匀，无主触点、辅助触点之分，无灭弧装置。而接触器适合控制电动机等大功率、大电流的电路或主电路。有主触点和辅助触点之分，有灭弧装置。二是继电器的输入信号可以是各种物理量，而接触器的输入信号只能是电压信号。

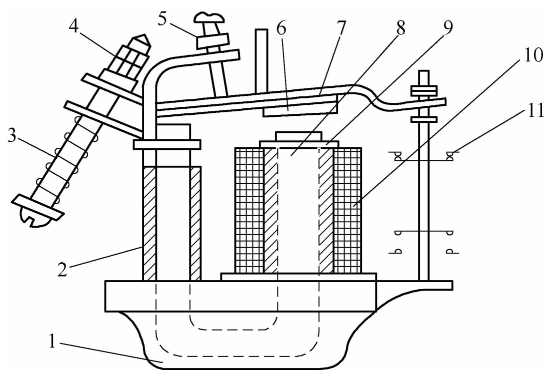


图 1-20 电磁式继电器的典型结构

1—底座 2—阻尼铜套 3—反力弹簧 4—调整螺母 5—调整螺钉 6—非磁性垫片 7—衔铁 8—铁心 9—极靴 10—电磁线圈 11—触点系统

2. 继电特性

继电特性又称电磁机构的输入-输出特性。它是继电器的一个共性，特性曲线如图 1-21 所示。输入量是电磁机构中励磁线圈中电压（或电流）的值。输出量是衔铁的位置。励磁线圈中电压（或电流）与衔铁位置的关系称为输入-输出特性。

这里用 x 代表电磁机构的输入量，y 代表输出量。当衔铁处于吸合位置时，输出量 $y=1$；当衔铁处于释放位置时，输出量 $y=0$。

电磁机构具有吸力特性和反力特性。当吸力特性处于反力特性上方时，衔铁被吸合；当吸力特性处于反力特性下方时，衔铁被释放。

输入量 x 由零增至 X_1 之前，继电器输出 $y=0$。衔铁处在释放位置，吸力特性处于反力特性下方。当 x 增加到 X_2 时，衔铁被吸合，继电器输出 $y=1$。若要继电器继续吸合，输入量必须大于或等于 X_2。X_2 称为继电器的吸合值或动作值。

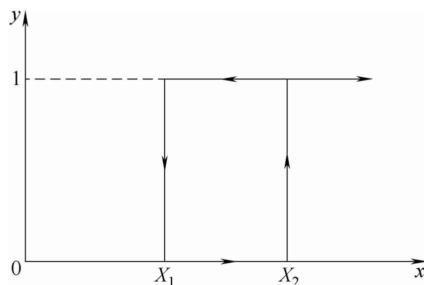


图 1-21　电磁机构的输入-输出特性

输入量 x 逐渐减小至 X_2，衔铁处于吸合状态，继电器输出 $y=1$。继续减小，当 x 大于 X_1 而小于 X_2 的时候，由于衔铁处在吸合状态，吸力特性仍大于反力特性，衔铁仍能够吸合，继电器输出 $y=1$。直到 x 减小到 X_1，此时反力特性大于吸力特性，衔铁被释放，继电器输出 $y=0$。若要继电器继续释放，x 必须等于或小于 X_1。X_1 称为继电器释放值或返回值。

继电器有两个重要的参数，一个参数是继电器返回系数 K，返回系数 K 是继电器的释放值与吸合值的比值，即 $K=X_1/X_2$。不同的使用场合，对 K 的要求也不同，返回系数 K 的值是可调的。可以通过调节释放弹簧或调节铁心与衔铁之间的非磁性垫片的厚度来达到所要求的值。一般继电器要求较小的返回系数，K 值在 0.1 ~0.4 之间。继电器吸合时，不会因为输入量波动较大而引起误操作。欠电压继电器要求较高的返回系数，一般大于 0.6，继电器释放时，起欠电压保护作用。

另一个重要参数是吸合时间和释放时间。吸合时间是指励磁线圈接收电信号到衔铁完全吸合所需的时间。释放时间是指励磁线圈从失电到衔铁完全释放所需的时间。吸合时间和释放时间的大小直接影响到继电器允许的操作频率。

3. 电压继电器

触点的动作与线圈的电压大小有关的继电器称为电压继电器，主要用于电力拖动系统的电压保护和控制。使用时，电压继电器的线圈并联在被测电路中，感测主电路的线路电压，线圈的匝数多、导线细、阻抗大。触点接于控制电路，为执行元器件。

继电器根据所接线路电压值的变化，处于吸合或释放状态。根据动作电压值的不同，电压继电器可分为过电压继电器和欠电压继电器。

（1）过电压继电器

用于线路的过电压保护，交流过电压继电器的吸合整定值为线圈额定电压的 1.05 ~1.2 倍。当被保护的线路正常工作时，衔铁不产生吸合动作。当被保护线路的电压高于额定值，达到过电压继电器的整定值时，衔铁吸合，触点机构动作，控制电路失电，控制接触器及时分断被保护电路。直流电路中不会产生较大的过电压现象，所以没有直流过电压继电器产品。电气图中的图形符号和文字符号如图 1-22 所示。

（2）欠电压继电器

用于线路的欠电压保护，直流欠电压继电器的吸合电压和释放电压的整定值分别为线圈额定电压的 30% ~50% 和 7% ~20% 倍。交流欠电压继电器的吸合电压和释放电压的整定值分别为线圈额定电压的 60% ~85% 和 10% ~35% 倍。当被保护线路电压正常时，衔铁可靠

吸合。当被保护线路电压降至欠电压继电器的释放整定值时，衔铁释放，触点机构复位，控制接触器及时分断被保护电路。电气图中的图形符号和文字符号如图 1-23 所示。

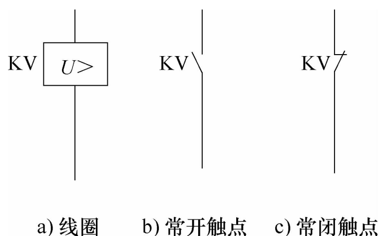


图 1-22 过电压继电器的图形符号和文字符号

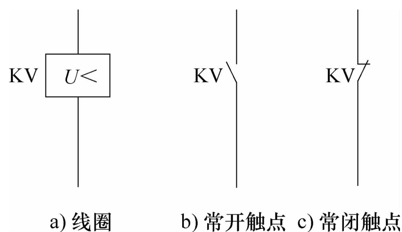


图 1-23 欠电压继电器图形符号和文字符号

4. 电流继电器

触点的动作与线圈电流大小有关的继电器称为电流继电器。用于电力拖动系统的电流保护和控制。其线圈串联接入主电路，用来感测主电路的线路电流，其线圈匝数少而导线粗、线圈阻抗小，这样通过电流时的压降很小，不会影响负载电路的电流。触点接于控制电路，为执行元器件。电流继电器反应的是电流信号。按吸合电流大小可分为过电流继电器和欠电流继电器两种。

（1）过电流继电器

在电路过电流时起保护作用，交流过电流继电器的吸合电流整定范围通常为线圈额定电流的 1.1～4 倍，直流过电流继电器的吸合电流整定范围为线圈额定电流的 0.7～3.5 倍。当被保护线路的电流高于额定值，达到过电流继电器的整定值时，衔铁吸合，触点机构动作，控制电路失电，从而控制接触器及时分断电路，对电路起过电流保护作用。在电力拖动系统中，冲击性的过电流故障时有发生，常采用过电流继电器做电路的过电流保护。电气图中的图形符号和文字符号如图 1-24 所示。

（2）欠电流继电器

用于电路起欠电流保护，吸引电流为线圈额定电流的 30%～65% 倍，释放电流为线圈额定电流的 10%～20% 倍。因此，正常工作时，线圈流过额定电流，衔铁处于吸合状态；当负载电流减小至继电器释放电流时，衔铁释放，触点恢复到原始状态。欠电流继电器只用于直流电路中，当负载电流降低或消失时，会产生飞车现象，造成严重的后果。电气图中的图形符号和文字符号如图 1-25 所示。

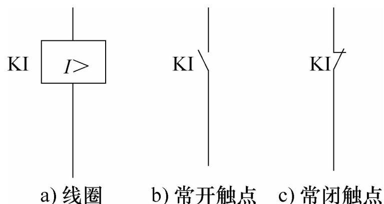


图 1-24 过电流继电器的图形符号和文字符号

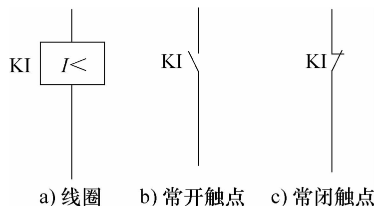


图 1-25 欠电流继电器的图形符号和文字符号

5. 中间继电器

中间继电器实质上是电压继电器，只是触点对数多，触点容量较大（额定电流5～10A）。其主要用途为：当其他继电器的触点对数或触点容量不够时，可以借助中间继电器来扩展它们的触点数或触点容量，起到信号中继作用；也可用作信号传递、联锁、转换及隔离。中间继电器体积小，动作灵敏度高，并在10A以下电路中可代替接触器起控制作用。电气图中的图形符号和文字符号如图1-26所示。

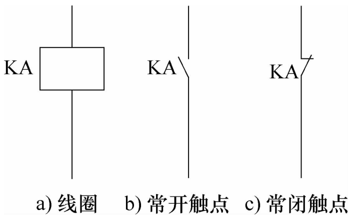


图1-26　中间继电器的图形符号和文字符号

6. 典型产品及主要技术参数

（1）典型产品

1）直流电磁式通用继电器。常用的典型产品有JT3、JT9、JT10及JT18等系列。以JT3为代表介绍直流电磁式通用继电器的型号见表1-7。

2）电磁式交直流继电器。常用的典型产品有JL3、JL4及JL15等系列，JL15系列的型号如图1-27所示。

3）中间继电器。常用的典型产品有JZ7、JZ14等系列。JZ7系列型号如图1-28所示。

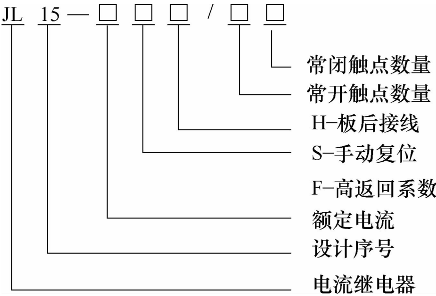


图1-27　JL15系列型号

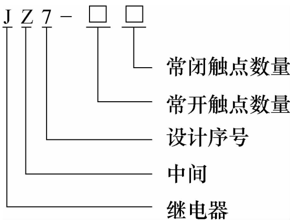


图1-28　JZ7系列型号

（2）主要技术参数

表1-7、表1-8和表1-9分别为直流电磁式通用继电器JT3系列、电磁式交直流继电器JL15系列以及中间继电器JZ7系列的技术参数表。电磁式继电器的主要技术参数有以下几点。

表1-7　JT3系列主要技术参数

继电器	型号	线圈额定电压或电流	延时/s	按触点的种类及数量	可调参数调整范围	备　注
电压（中间）继电器	JT3-XX	12V，24V，48V，110V，220V		常开与常闭2个、3个及4个触点	吸合电压为(0.3～0.5)U_N 释放电压为(0.07～0.2)U_N	继电器型号的两个“XX”：第一个“X”表示常开触点数量，第二个“X”表示常闭触点数量
欠电流继电器	JT3-XXL	1.5A，2.5A，5A，10A，25A，50A，100A，150A，300A，600A			吸合电流为(0.3～0.65)I_N 释放电流为(0.1～0.2)I_N	
时间继电器	JT3-XX/1	12V，24V，48V，110V，220V	0.3～0.9		吸合电压>0.75U_N	
	JT3-XX/3		0.8～3.0			
	JT3-XX/5		2.5～5.0			

表 1-8 JL15 系列主要技术参数

电流种类	触点额定电流 I/A	型号	吸引线圈额定电流 I_e/A	吸引电流调整范围	触点形式	触点方式	备注
直流或交流	5	JL15-□/01 JL15-□/11 JL15-□S/01 JL15-□S/11	1.5, 2.5, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60, 80, 100, 150, 250, 300, 400, 600, 800, 1200	(0.8~3) I_e	1 常闭或 1 常开 1 常闭	60A 及以下板前接线 80A 及以上板前接线或板后接线	
		JL15-□/02 JL15-□/22 JL15-□S/02 JL15-□S/22		(1.2~4) I_e	2 常闭或 2 常开 2 常闭		
交流		JL15-□F/01 JL15-□F/11		(1.2~4) I_e	1 常闭或 1 常开 1 常闭		返回系数为 0.6~0.85，对 600~1200A，当整定电流大于两倍额定电流时，允许降 0.1

表 1-9 JZ7 系列主要技术参数

<table>
<tr><th rowspan="2">型号</th><th colspan="2">触点对数</th><th rowspan="2">额定绝缘电压 U/V</th><th rowspan="2">约定发热电流 I_{th}/A</th><th colspan="5" rowspan="2">不同额定工作电压下的额定工作电流 I_e/A</th><th rowspan="2">操作频率/（次/h）</th><th rowspan="2">线圈消耗功率/W</th><th rowspan="2">线圈电压/V</th></tr>
<tr><th>常开</th><th>常闭</th></tr>
<tr><td rowspan="2">JZ7-44</td><td rowspan="2">4</td><td rowspan="2">4</td><td rowspan="6">690</td><td rowspan="6">5</td><td colspan="5">AC-15</td><td rowspan="4">11200</td><td rowspan="6">112</td><td rowspan="6">12，24，36，110，127，220，380，420，440</td></tr>
<tr><td>120V</td><td>127V</td><td>220V</td><td>240V</td><td>380V</td></tr>
<tr><td rowspan="2">JZ7-62</td><td rowspan="2">6</td><td rowspan="2">2</td><td>3</td><td>2.83</td><td>1.64</td><td>1.5</td><td>0.95</td></tr>
<tr><td colspan="5">DC-13</td></tr>
<tr><td rowspan="2">JZ7-80</td><td rowspan="2">8</td><td rowspan="2">0</td><td>110V</td><td>125V</td><td>220V</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2">—</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>1.25</td><td>1.2</td><td>0.63</td></tr>
</table>

1）额定工作电压或额定工作电流。额定工作电压或额定工作电流指继电器工作时，线圈在正常工作情况下允许的电压值或电流值。对于电压继电器，它的线圈额定电压为该继电器的额定电压。对于电流继电器，它的线圈额定电流为该继电器的额定电流。

一种型号的继电器的构造大体是相同的，通常有多种额定工作电压或额定工作电流，并用规格型号加以区别。

2）触点额定电压和电流。指继电器允许加载的电压和电流，即继电器控制电压和电流的大小。使用时不能超过此值，否则很容易损坏继电器的触点。

3）吸合电压或吸合电流。电磁继电器能够产生吸合动作的最小线圈电压（电压继电器）或电流（电流继电器）值，称为吸合电压或吸合电流。在正常使用时，给定的电压或电流必须略大于吸合电压或电流，这样继电器才能稳定的工作。而对于线圈所加的工作电压，一般不要超过额定工作电压的 1.5 倍，否则会产生较大的电流而把线圈烧毁。

4）吸合时间。从线圈上电到触点开始闭合的时间，不包括触点反弹。

5）释放时间。从线圈掉电到最后触点断开的时间，不包括触点反弹。

6）整定值。根据控制系统的要求，预先使继电器达到某一吸合值或释放值，这个预先设定的吸合值（电压或电流）或释放值（电压或电流）就叫整定值。

7）灵敏度。使继电器动作的最小功率称为继电器的灵敏度。

7. 选用原则

选用继电器时，一般控制电路的电源电压可作为选用的依据。控制电路应能给继电器提供足够的工作电流，否则继电器吸合是不稳定的。

（1）过电压继电器

主要用来保护设备不受电源系统过电压危害，常用于发电机的电动机机组系统中。选择的主要参数是额定电压和动作电压。动作值按系统额定电压的1.1～1.2倍整定。过电压继电器的吸合电压可在其线圈额定电压的一定范围内调整。

（2）欠电压继电器

主要用于线路中做欠电压保护，防止电源故障后恢复供电时系统的自起动。选用时只要满足一般要求即可，没有特殊要求。

（3）过电流继电器

主要用于电动机的短路保护，选择的主要参数是额定电流和动作电流。其额定电流应大于或等于被保护电动机额定电流，动作电流根据电动机工作情况按起动电流的1.1～1.3倍整定。绕线转子异步电动机的起动电流按2.5倍额定电流选取，笼型三相异步电动机的起动电流按额定电流的5～8倍选取。动作电流的选取要留有一定的余量。

（4）欠电流继电器

主要用于直流电动机的弱磁超速保护或励磁电路与其他电路之间的联锁保护。选择的主要参数是额定电流和释放电流。额定电流大于或等于额定励磁电流，释放电流整定值要低于励磁电路正常工作时的最小励磁电流。选用时可取最小励磁电流的85%，留有调节余量。

1.4.2　热继电器

热继电器是利用电流热效应原理，电流流过热元件时产生的热量，使检测元件（双金属片）发生弯曲而推动执行机构动作的一种保护电器。热继电器是专门用来对连续运行的电动机进行过载、断相及三相电流不平衡的保护电器，以防止电动机过热而烧毁，是一种具有过载保护特性的过电流型继电器。

在电力系统中，电动机在实际运行过程中会出现长期的过载、欠电压以及断相等不正常的情况，都可能使电动机的电流超过它的额定值。如果超过额定值的量不大，熔断器在这种情况下不会熔断，这样将引起电动机过热，导致电动机绝缘老化，甚至烧毁绕组，缩短电动机的使用寿命。为了充分发挥电动机的过载能力，保证电动机的正常起动和运转，当电动机出现长期过载等情况时，采用电动机保护装置能够自动切换电路，保护电动机。常用的较普遍的保护装置为双金属片式热继电器。目前，双金属片式热继电器均是三相式，并有带断相保护和不带断相保护两种，使用时要与匹配的接触器配合使用。

1. 热继电器的结构和工作原理

热继电器由热元件、双金属片和触点等组成，结构如图1-29所示。在电气图中，其图

形符号和文字符号如图 1-30 所示。热元件由发热电阻丝制成。双金属片是由两种膨胀系数不同的金属碾压形成一体的金属片，膨胀系数大的称为主动层，膨胀系数小的称为被动层。当产生热效应时，金属片向膨胀系数小的一侧弯曲。

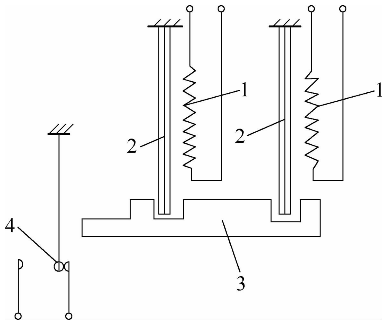


图 1-29　热继电器的工作原理图

1—热元件　2—双金属片　3—导板　4—动触点

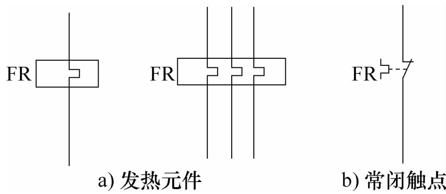


图 1-30　热继电器图形符号和文字符号

热元件 1 串接在电动机的定子电路中，电流为电动机的工作电流。正常工作时，电流通过热元件产生的热量不足以使双金属片 2 受热发生形变；当电动机发生过电流且超过整定值时，热元件中过电流经过一段时间后热量增大，使双金属片产生弯曲，自由端上翘，推动导板 3 向左运动，带动动触点 4 动作，切断电动机控制回路。同时，热元件失电，热量减少，逐渐降温，经过一段时间后冷却，金属恢复原始状态。

热继电器与电流继电器和熔断器不同，热继电器中发热元件有热惯性，在电路中不能做瞬时过载保护，更不能做短路保护。此外，热继电器还需要温度补偿装置，补偿因环境温度发生变化引起的误差。热继电器可方便地调节动作电流，动作电流可在热元件额定电流的 66% ~100% 范围内调节。热继电器动作后，可在 2min 内手动复位，5min 内自动复位。

在三相交流电动机的工作电路中，若三相中有一相断了而出现过载电流，则因为断线那一相的双金属片不弯曲而使热继电器不能及时动作，有时甚至不动作，故不能起到保护作用，这时就需要使用带断相保护的热继电器。断相保护型热继电器是在热继电器的结构基础上增加了断相保护装置的一种保护型热继电器。

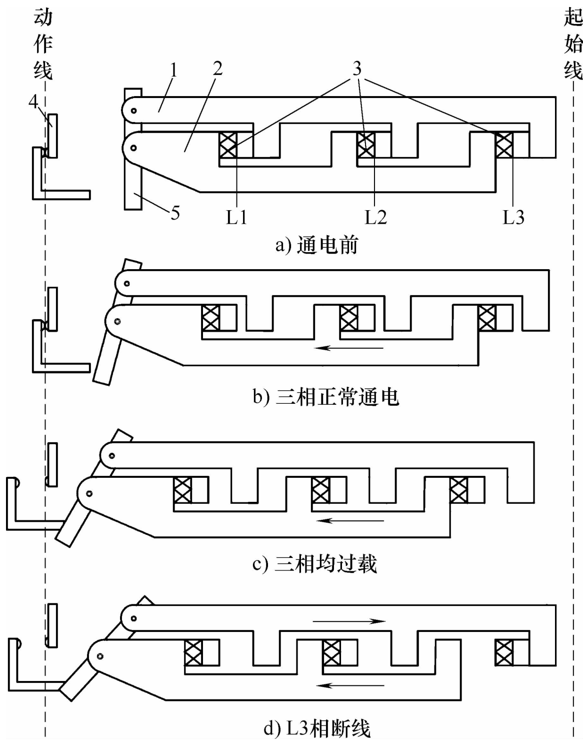


图 1-31　差动式断相保护机构及工作原理

1—上导板　2—下导板　3—双金属片

4—常闭触点　5—杠杆机构

断相保护结构如图 1-31 所示，带断

相保护的热继电器是将热继电器的导板改成差动机构。差动机构由上导板 1、下导板 2 及杠杆机构 5 组成，它们之间由转轴连接。通电前，触点 4 处于常闭状态，如图 1-31a 所示。三相正常通电时，在额定电流作用下，3 个热元件正常发热，三相双金属片两端同时向左弯曲推动上导板 1 和下导板 2 同时左移，但不能使杠杆机构 5 碰触触点 4 动作，如图 1-31b 所示。当三相均过载时，双金属片两端同时弯曲且曲度较大，推动杠杆机构 5，触碰触点 4 动作，常闭触点断开，如图 1-31c 所示。当 L3 相断路时，L3 相的热元件冷却，由弯曲状态伸直，推动上导板 1 右移，而 L1、L2 相电流较大，双金属片弯曲增大，推动下导板 2 左移，推动杠杆机构 5，触碰触点 4 动作，起断相保护作用，如图 1-31d 所示。

三相交流电动机的过载保护大多数采用三相式热继电器，由于热继电器有带断相保护和不带断相保护两种，根据电动机绕组的接法，这两种类型的热继电器接入电动机定子电路的方式也不尽相同。星形联结的电动机及电源对称性较好的情况可选用两相或三相结构的热继电器。当电动机的定子绕组采用三角形联结时，必须采用三相结构带断相保护装置的热继电器。如图 1-32 所示。

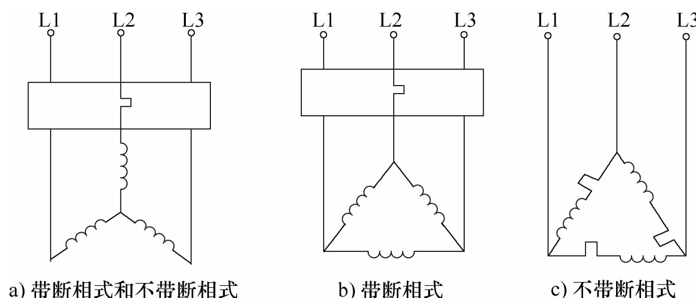


图 1-32　热继电器接入电路的方式

2. 热继电器的保护特性

热继电器的主要作用是对电动机长期的过载进行保护。若过载电流不大或时间较短，电动机绕组的温升不超过允许的范围时，这种过载是允许的。当过载电流大，过载时间长，严重时会烧毁电动机绕组。热继电器就是在出现电动机不能承受的过载时切断电源，为电动机提供过载保护。

电动机的过载特性是一条反时限特性，如图 1-33 中曲线 1 所示。热继电器实现过载保护，就需要热继电器具有相同的反时限特性。反时限特性是流过热继电器发热元件的电流与热继电器触点动作时间的关系曲线，该特性也称为保护特性，如图 1-33 中曲线 2 所示。由于误差的存在，电动机的过载特性和热继电器的保护特性是一条曲带，误差越大，带宽越宽。热继电器的保护特性应该在电动机过载特性的下方并且相邻，当电动机发生过载时，热继电器在电动机未达到其允许过载之前动作，切断电源，实现过载保护。

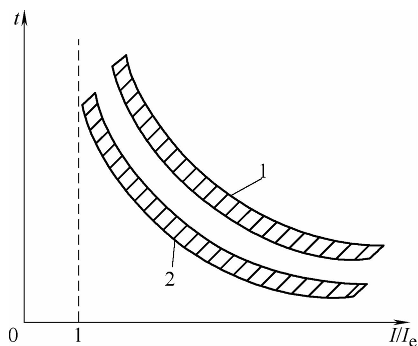


图 1-33　热继电器保护特性与电机的过载特性的配合

3. 典型产品及主要技术参数

常用国产热继电器有 JR16、JR20、JRS1 等系列产品，引进产品有 ABB 公司生产的 T 系列、德国西门子公司的 3UA 系列及法国 TE 公司的 LR1-D 系列。以 JR20 系列产品为例，其型号如图 1-34 所示。

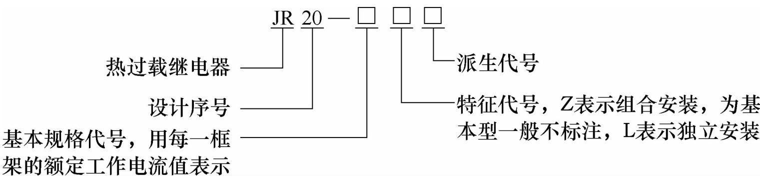


图 1-34 JR20 系列型号

JR20 系列双金属片式热过载继电器是一种性能优越、工作可靠的新型热继电器，该继电器广泛用于交流 50Hz，主电路额定工作电压至 660V，电流 0.1～630A 的电力系统中，作为三相交流电动机的过载和断相保护。JR20 系列热继电器电流等级和 CJ20 系列交流接触器的电流等级相一致，特别适合与 CJ20 系列交流接触器配合使用，组成低压电动机起动器。其主要的技术参数见表 1-10 和表 1-11。

表 1-10 JR20 系列热继电器的动作特征和温度补偿功能

	序号	额定电流倍数		动作时间	起始状态	周围空气温度/℃
各相负载平衡	1	1.05		2h 不动作	冷态	20±5
	2	1.2		<2h	热态（接序 1 试验后）	
	3	1.5	≤63A	<2min		
			>63A	<4min		
	4	7.2	≤63A	2s<TP≤10s	冷态	
			>63A	4s<TP≤10s		
有断相保护负载不平衡	5	任意两相 1.0 第三相 0.9		2h 不动作	冷态	
	6	任意两相 1.15 第三相 0		<2h	热态（接序 5 试验后）	
无断相保护负载不平衡	7	1.05		2h 不动作	冷态	
	8	任意两相 1.32 第三相 0		<2h	热态（接序 7 试验后）	
温度补偿	9	1.0		2h 不动作	冷态	40±2
	10	1.20		<2h	热态（接序 9 试验后）	
	11	1.05		2h 不动作	冷态	−5±2
	12	1.30		<2h	热态（接序 11 试验后）	

表 1-11 JR20 系列热继电器的型号及整定电流范围

型号	热元件号	整定电流范围/A	相配的交流接触器
JR20-16	1S	3.6～4.5～5.4	CJ20-16
	2S	5.4～6.7～8	

（续）

型号	热元件号	整定电流范围/A	相配的交流接触器
JR20-16	3S	8～10～12	CJ20-16
	4S	10～12～14	
	5S	12～15～16	
	6S	14～16～18	
JR20-25	1T	7.8～9.7～11.6	CJ20-25
	2T	11.6～14.3～17	
	3T	17～21～25	
	4T	21～25～29	
JR20-63	1U	16～20～24	CJ20-40、63
	2U	24～30～36	
	3U	32～40～47	
	4U	40～47～55	
	5U	47～55～62	
	6U	55～63～71	

4. 选用原则

热继电器主要用于电动机的过载保护，使用中应考虑电动机的工作环境、起动情况、负载性质等因素，具体应按以下几个方面来选择。

（1）类型选择

选择与接触器同品牌及其配套系列的热继电器。一般场所可选用不带断相保护装置的热继电器，而作为电动机的过载保护时应选用带断相保护装置的。星形联结的电动机可选用两相或三相结构热继电器，三角形联结的电动机应选用带断相保护装置的三相结构热继电器。根据实际安装情况，选择安装形式。

（2）热继电器的额定电流

热继电器的额定电流应大于电动机的额定电流。

（3）热元件的额定电流选择

热继电器的热元件额定电流应略大于电动机的额定电流。

（4）热元件的整定电流选择

热继电器在投入使用之前，必须对热元件进行整定，保证热继电器的保护性能和动作可靠性。一般将热继电器的整定电流调整到等于电动机的额定电流；对过载能力差的电动机，可将热元件整定值调整到电动机额定电流的60%～80%；对起动时间较长、拖动冲击性负载或不允许停车的电动机，热元件的整定电流应调整到电动机额定电流的1.1～1.15倍。

（5）允许操作频率

在重复短时工作的情况下，选型时要考虑热继电器允许操作频率。频率过高，热继电器动作性能变差，甚至不能正常工作。

对于重复短时工作的电动机（如起重机电动机），由于电动机不断重复升温，热继电器

双金属片的温升跟不上电动机绕组的温升，电动机将得不到可靠的过载保护。因此，不宜选用双金属片热继电器，而应选用过电流继电器来进行保护。

（6）起动过程

在不频繁起动场合，要保证热继电器在电动机起动过程中不产生误动作。当电动机起动电流为额定电流的 6 倍以及起动时间不超过 6s 时，若很少连续起动，可按电动机的额定电流来选择热继电器。

（7）短路保护

热继电器具有热惯性，不能作短路保护，选用时应考虑与短路保护配合的问题。

1.4.3 时间继电器

时间继电器是一种感应元器件获得输入信号后，经过一定时间的延迟后执行机构动作，输出信号的继电器。它在电路中起控制动作时间的作用，经常用于定时控制的场合。这里的延迟时间区别于电磁式继电器从线圈通电后到触点闭合的动作时间。

时间继电器的种类很多，按动作原理有空气阻尼型、电动机型、电子型和其他型等。按照延迟方式的不同，可分为通电延迟型和断电延迟型。通电延迟型继电器接收输入信号后，延迟一定的时间，输出信号才发生改变。当输入信号消失后，输出瞬时复原。断电延迟型继电器接收信号时，立即产生相应的输出信号。当输入信号消失后，经过一定时间的延迟，输出信号才复原。

以空气阻尼式时间继电器为例，说明其工作原理。空气阻尼式时间继电器又称气囊式时间继电器，它是利用空气阻尼的作用来延时的，延时范围宽（0.4～180s）。其延时误差较大，无调节刻度指示，难以确定整定延时值。在对延时精度要求较高的场合，不宜使用这种时间继电器。

1. 空气阻尼式时间继电器的结构和工作原理

空气阻尼式时间继电器由电磁机构、延时机构、触点系统三部分组成。电磁机构可以是直流的，也可以是交流的。电磁铁采用直动式双 E 形。触点系统是借助桥式双断点微动开关，构成有瞬时触点和延时触点两部分。既有通电延时型，也有断电延时型，只要改变电磁机构的安装方向，便可实现不同的延时方式。当衔铁位于铁心和延时机构之间时为通电延时，如图 1-35a 所示。当铁心位于衔铁和延时机构之间时为断电延时，如图 1-35b 所示。延时机构是利用空气通过小孔时产生阻尼作用的气囊式阻尼器。空气阻尼式时间继电器的图形符号和文字符号如图 1-36 所示。

空气阻尼式时间继电器通电延时动作的过程是：线圈 1 通电后，克服反力弹簧 4 的作用力，静铁心 2 吸合衔铁 3。微动开关 16 在推杆 5 作用下瞬时动作，常闭触点瞬时断开、常开触点瞬时闭合。微动开关 16 的触点为时间继电器的瞬动触点。

活塞杆 6 在塔形弹簧 8 作用下带动活塞 12 及相连的橡皮膜 10 向上移动，但其上移的速度受进气孔 14 进气速度的控制，而进气速度可通过调节螺钉 13 带动螺塞以改变进气孔的大小加以调节，进气越慢，延时越长。空气进入气囊，经过一段时间后，活塞 12 才能移到最上端，并通过杠杆 7 压动微动开关 15，使其常闭触点断开、常开触点闭合，起到通电延时作用，故微动开关 15 的触点称为延时触点。当线圈 1 断电时，衔铁 3 在反力弹簧 4 的作用下，通过推杆 5 将活塞 12 推向最下端，这时橡皮膜 10 下方气室内的空气通过橡皮膜、弱弹

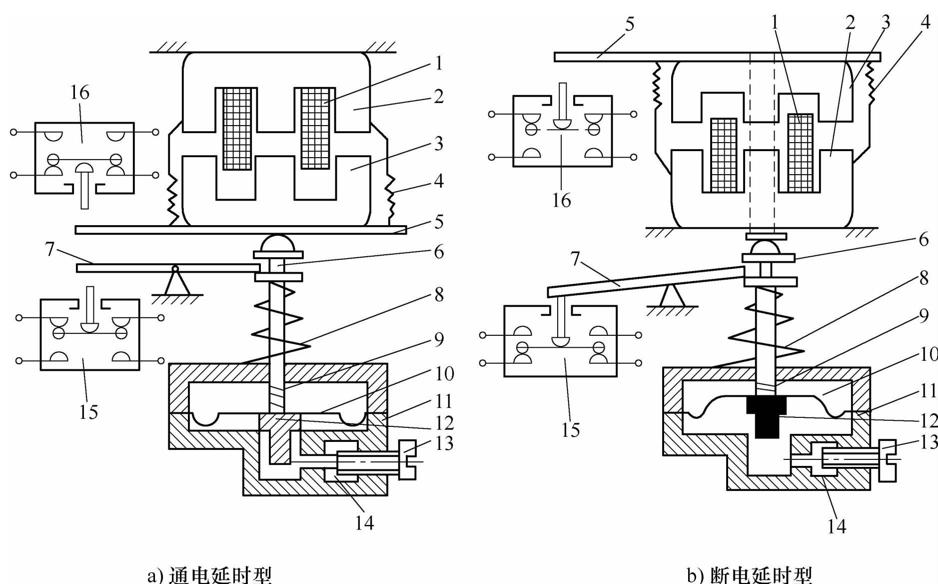


图 1-35　JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器结构原理图

1—线圈　2—静铁心　3—衔铁　4—反力弹簧　5—推杆　6—活塞杆　7—杠杆　8—塔形弹簧　9—弱弹簧　10—橡皮膜　11—空气室壁　12—活塞　13—调节螺钉　14—进气孔　15、16—微动开关

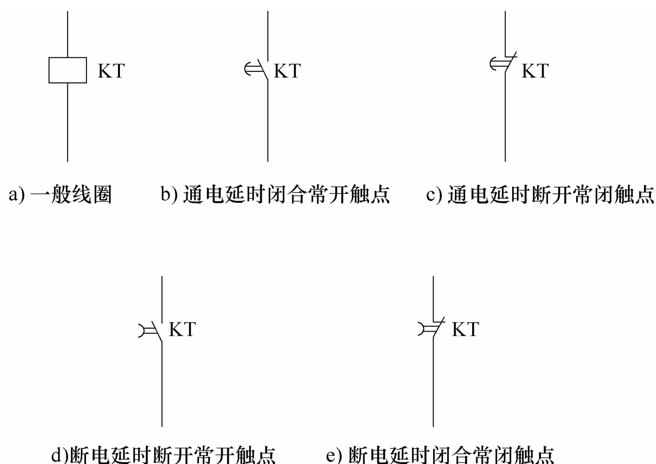


图 1-36　时间继电器的图形符号和文字符号

簧9 和活塞12 的局部所形成的单向阀迅速从橡皮膜上方的缝隙中排掉，使微动开关15 和16 的各触点瞬时复位。

2. 典型产品及主要技术参数

常用的典型产品有 JS7、JS23 等系列。国产 JS7-A 系列空气阻尼式时间继电器的型号如图 1-37 所示，主要技术参数见表 1-12。

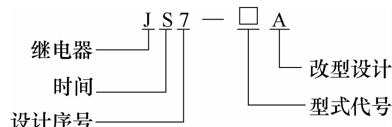


图 1-37　JS7-A 系列型号

表 1-12　JS7-A 系列主要技术参数

产品型号	延时动作触点数量				瞬时动作触点数量		延时范围/s	线圈电压/V	触点额定电压/V	额定发热电流/A
	线圈通电延时		线圈断电延时							
	动合	动断	动合	动断	动合	动断				
JS7-1A	1	1	—	—	—	—	0.4～60 或 0.4～180	24，36，110，127，220，380	380	3
JS7-2A	1	1	—	—	1	1				
JS7-3A	—	—	1	1	—	—				
JS7-4A	—	—	1	1	1	1				

选用时间继电器时需要考虑的主要参数是延时范围、类型以及精度和工作条件。

1.4.4　速度继电器

速度继电器是用来反映转速与转向变化的继电器。利用电磁感应原理，实现触点动作。按照被控电动机转速的大小，使控制电路接通或断开。通常与接触器配合，主要用于笼型异步电动机的反接制动控制。

其结构和工作原理与笼型电动机类似，主要由转子、定子及触点系统三部分组成，转子是一个圆柱形永久磁铁，定子是一个笼型空心圆环形，由硅钢片叠成，并嵌有笼形导条，结构如图 1-38 所示。速度继电器的转轴和被控电动机的轴相连，转子固定在轴上，定子与轴同心。当电动机转动时，速度继电器的转子随之转动，定子内的绕组便切割磁感线，产生感应电动势和电流。此电流和永久磁铁的磁场作用产生转矩，使定子开始转动，偏转的角度和电动机的转速成正比。当电动机转速达到某一值时，产生的转矩能使定子转到一定角度使摆杆推动常闭触点动作。当电动机转速低于某一值或停转时，定子产生的转矩会减小或消失，触点在弹簧的作用下复位。速度继电器在电气图中的图形符号及文字符号如图 1-39 所示。

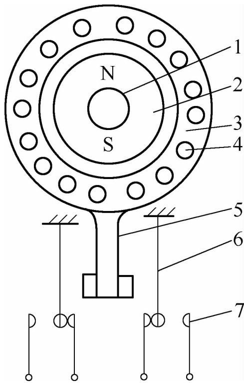


图 1-38　速度继电器的结构原理图
1—转轴　2—转子　3—定子　4—绕组
5—定子柄　6—簧片　7—静触点

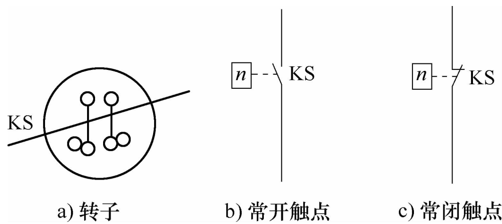


图 1-39　速度继电器图形符号和文字符号

速度继电器有两组触点（每组各有一对常开触点和常闭触点），可分别控制电动机正、反转的反接制动。一般情况下，速度继电器的触点，在转速达 120r/min 时能动作，在 100r/min 左右时能恢复正常位置。常用的感应式速度继电器有 JY1 和 JFZ0 系列。

1.4.5　罗克韦尔继电器

1. 电磁式继电器

（1）典型产品

罗克韦尔自动化公司生产的继电器种类很多，Bulletin 700 系列中有通用型、IEC 工业继电器、NEMA 工业继电器等。IEC 工业继电器中，Bulletin 700 系列是专门针对重载应用项目、大负载和长使用寿命而设计的工业控制继电器。Bulletin 700 系列中控制继电器种类也比较多，应用较广泛的几种继电器如图 1-40 所示。这里以 Bulletin 700-CFX 系列为例，分析中间继电器的特点和主要技术数据。



a) 700－CF 控制继电器　b) 700－K 控制继电器　c) 700－CFX 控制继电器

图 1-40　Bulletin 700 系列继电器

Bulletin 700-CFX 系列中间继电器控制电压有交流和直流两种，适用于交流 50Hz/60Hz，电压至 380V 和直流电压至 220V 的控制回路中，用来控制各种电磁线圈及电信号的放大和传递。

电磁机构采用 E 形铁心、双断点桥式触点系统的直动式运动结构，动作可靠。电磁铁工作可靠、噪声小、损耗小，具有很高的机械强度，线圈接线端装有电压规格标志牌，可避免因接错电压规格而导致线圈烧毁，接线方便，附件可现场安装。

（2）主要技术参数

Bulletin 700-CFX 系列中间继电器的主要技术参数见表 1-13 和表 1-14。

表 1-13　700-CFX 系列技术参数

继电器规格		700-CFX400,310,220(AC)	700-CFX400Z,310Z,220Z(DC)
额定绝缘电压 U_i/V		690	
额定工作电压 U_e/V		380(AC)　220(DC)	
额定发热电流 I_{th}/A		10	
额定工作电流 I_e/A	AC-15(400V)	0.95	
	DC-13(220V)	0.15	
连接的最小负载(可靠运行)		24V　10mA	
额定工作频率/h^{-1}		2400	
机械寿命/万次		1000	
电气寿命/万次		120	

（续）

线圈数据							
额定控制电压 U_s/V		(AC 50Hz/60Hz)24,48,110,220,380			(DC)24,48,110,220		
吸合电压		(85% ~110%)U_s					
开断电压		(20% ~75%)U_s			(10% ~75%)U_s		
吸持功率		76V·A			11W		
保持功率		9.4V·A			11W		
电压承受能力		2500V/min					
打开/闭合的切换时间		1.5ms					
技术数据							
动作时间		常开	接通	15~22ms	常开	开断	5~15ms
		常闭	接通	9~22ms	常闭	开断	7~20ms
额定短时耐受电流 I_s	1s	100A					
	500ms	120A					
	100ms	180A					

表 1-14　线圈电压选型表

AC 50Hz	24V	110V	220V	380~400V
	K	D	F	N
DC	24V	—	—	—
	—	—	—	—

1）电压相关参数。继电器的电压相关参数有额定绝缘电压 U_i 和额定工作电压 U_e。

Bulletin 700-CFX 系列交/直流控制继电器的额定绝缘电压 U_i 均为 690V。Bulletin 700-CFX 系列交流控制继电器的额定工作电压 U_e 为 380V，直流控制继电器的额定工作电压 U_e 为 220V。在正常工作的情况下，最高额定工作电压 U_e 不得超过其额定绝缘电压 U_i。

线圈相关电压参数有额定控制电压 U_s、吸合电压、开断电压。

额定控制电压 U_s 是指控制电路输入端上的电压。这里是指继电器正常工作时加在线圈上的电压。额定控制电压 U_s 在 AC 50Hz/60Hz 时，电压等级有 24V、48V、110V 和 220V。DC 时，电压等级有 24V、48V 和 110V。不同种类的额定控制电压 U_s 对应的线圈电压类型也不同。

吸合电压是继电器的吸合值，其范围是（85% ~110%）U_s。

开断电压就是继电器的释放值，交流情况下，开断电压在（20% ~75%）U_s 范围内，而直流情况下，开断电压范围为（10% ~75%）U_s。

2）电流相关参数。继电器的电流相关参数有额定发热电流 I_{th}、额定工作电流 I_e 和额定短时耐受电流 I_s。

额定发热电流 I_{th} 指的是在规定的试验条件下，电器工作 8h 后，各部分温度不超过规定极限值时所能承载的最大电流值。700-CFX 系列交直流控制继电器的额定发热电流 I_{th} 等于 10A。

额定工作电流 I_e 指电器正常工作条件下的电流值。在 AC-15（400V）情况下，Bulletin 700-CFX 系列交/直流控制继电器的额定工作电流 $I_e=0.95A$。然而，在 DC-13（220V）情况下，额定工作电流 $I_e=0.15A$。

额定短时耐受电流 I_s 是指在规定的工作条件和性能下，指定较短时间内，电器闭合位置上能承载的电流。1s 时间内，额定短时耐受电流为 100A；500ms 时间内，额定短时耐受电流为 120A；100ms 时间内，额定短时耐受电流为 180A。时间越短，闭合位置上承载的电流越大。

3）动作时间的相关参数。常开触点的接通时间为 15～22ms，断开时间为 5～15ms；常闭触点接通时间为 9～22ms，断开时间为 7～20ms。打开/闭合的切换时间为 1.5ms。

4）使用类别。Bulletin 700-CFX 系列控制继电器在参数表中涉及两种使用类别：AC-15（400V）和 DC-13（220V）。AC-15（400V）典型的用途是控制交流电磁铁负载。DC-13（220V）的典型用途是控制电阻性负载和光耦合器隔离的固态负载。

5）操作频率和使用寿命。Bulletin 700-CFX 系列交/直流控制继电器的操作频率达到 2400 次/h。Bulletin 700-CFX 系列交/直流控制继电器的机械寿命为 10^7 次/h，电寿命为 1.2×10^6 次/h。

6）负载性。连接最小负载（可靠运行）时，Bulletin 700-CFX 系列交/直流控制继电器的电压值为 24V，电流值为 10mA。

2. 热继电器

罗克韦尔自动化公司生产的过载继电器种类较多，常用类型有 193-T1 双金属过载继电器、193-K 双金属过载继电器、193-TX 双金属过载继电器及 193-EX 电子式过载保护继电器。193-T1 系列过载继电器类型为双金属、环境补偿型、断相敏感型热过载继电器。辅助触点一个常开和一个常闭，且具有测试功能。193-T1 系列过载继电器与 100-C 系列接触器配套使用。

（1）193-T1 双金属过载继电器的主要技术参数

1）主电路参数。额定绝缘电压 U_i AC 690V，额定冲击耐受电压 U_{mp}（主电极之间以及主电极与辅助电路之间）为 AC 6kV，额定冲击耐受电压 U_{mp}（辅助电路之间）AC 4kV。额定频率为 50Hz/60Hz。

2）控制电路参数。额定工作电流 I_e 在 AC-15 和 DC-13 两种使用类型中有 8 种电流值。发热电流 I_{th} 为 5A。可靠运行的最小触点负载电压为 15V，电流为 2mA。

3）常规参数。脱扣等级：具有过载保护脱扣等级 10/10A 特性。这类 10/10A 级过载继电器包括对断相条件具有高灵敏度的差分机构，可在标准负载应用中提供可靠的电动机保护，而且能防止直流电机和变频器应用中发生过载。

复位模式：自动或手动，可选配远程复位螺线管或外部复位附件。

测试释放：手动释放辅助触点。

脱扣指示：具有脱扣指示灯，通过继电器正面的开口看到标志。

温度补偿范围：－20～60℃，可确保继电器脱扣特性在－20～60℃环境温度范围内保持恒定。

污染等级：2。

防护等级，已接线：IP2X。

脱扣特性：参照 IEC 60947-4-1，在环境温度为 20℃时，从冷状态起动的平均值。脱扣时间是工作电流的函数。

（2）用户自定义模块

193-T1 系列的双金属过载继电器配有用户自定义模块。用户可自定义模块有 DIN 导轨/面板安装适配器，适用于过载继电器独立安装在 35mm 顶帽式导轨上；螺钉转接头适用于 193-T1 APM 面板适配器的螺钉固定；远程复位螺线管适用于 193-K 和 193-T1 过载继电器的远程复位；外部复位按钮适合封闭的穿门式复位应用；复位杆长为 142mm，可调范围为 141～159mm；复位适配器在使用外部复位时可扩展复位目标区域。不同型号的过载继电器配套的模块也是不同的。

3. 时间继电器

罗克韦尔自动化公司生产的时间继电器种类较多，700 系列通用延时继电器有 700-FE 经济型、700-FS 高性能、700-HX 多功能数字及 700-HXM 预置计数器等。其中 700-FE 经济型时间继电器如图 1-41 所示，它们的定时范围为 0. 05s～10h。有多功能继电器和单功能继电器。多功能继电器有 4 种计时功能和 4 种事件设定范围。4 种计时功能为吸合延时、复位延时、瞬间延时和上电接通式交替接通。单功能继电器具有 4 种计时功能中的某一特定功能。此外，单功能继电器可以具有脉冲转换功能。定时器模块是罗克韦尔自动化继电器扩展模块中的一种，通过加入定时器模块，部分继电器可以作为时间继电器使用。



图 1-41　700-FE 经济型时间继电器

1. 5　熔断器

熔断器是一种当电流超过规定值一定时间后，以自身产生的热量使熔体熔化而分断电路的电器。它是一种利用热效应原理工作的电流保护电器，被广泛应用在低压配电系统和控制系统及用电设备中做短路和过电流保护。所以，熔断器也是一种过电流保护电器。

1. 熔断器的结构和工作原理

熔断器主要有熔体（俗称保险丝）、安装熔体的熔管（座）及填料等部分组成。在电器图中的图形符号和文字符号如图 1-42 所示。熔体通常是由熔点较低、电阻率较高的材料，如铅、铅锡合金、锌等制成，为丝状、带状或片状。熔管由瓷质绝缘材料或硬质纤维制成半封闭或封闭式管状外壳，在熔体熔断时兼有灭弧作用。填料主要是石英砂，作为灭弧介质，帮助熔体散热，有助于提高熔断器的限流能力和分断能力。

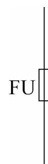


图 1-42　熔断器的图形符号和文字符号

通常，熔断器串联在被保护电路中，能在电路发生短路或严重过电流时快速自动熔断，期间伴有燃弧和灭弧过程，随之切断故障电路电源，起到保护作用。在正常工作情况下，熔体在额定电流下不会熔断。

熔断器与过载继电器功能是不同的。熔断器是一种简单有效的短路保护电器，分断电流很大，要求作用的时间短，以保护负载。热继电器用来对连续运行的电动机进行过载保护，以防止电动机过热而造成绝缘破坏或烧毁电动机。过载电流不足以使熔断器作用，所以它不

能代替热继电器实施过载保护。而由于热惯性，虽然短路电流很大，但也不能使热继电器瞬间动作。因此，热继电器不能代替熔断器用作短路保护。所以，电动机主电路中既要装熔断器，实现短路保护，也要装热继电器，实现长期的过载保护。

2. 熔断器的保护特性

熔体熔断时间和熔体电流的关系，称为熔断器的保护特性，也称为安秒特性。这一特性如图 1-43 所示，I_r 为最小熔断电流或称临界电流，是熔断电流与未熔断电流的分界线对应的电流值。电路正常工作时，通过熔体的电流应小于 I_r。所以，在额定电流下，熔体是不应当熔断的。熔体的熔断电流应大于额定电流，即 $I_r > I_e$。

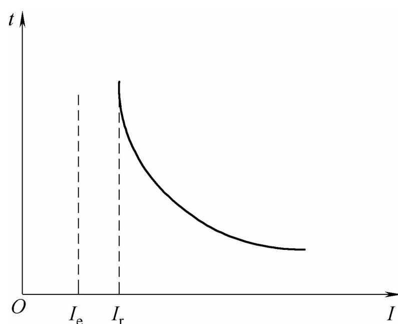


图 1-43　熔断器的保护特性

最小熔断电流 I_r 与额定电流 I_e 之比称为熔断器的融化系数 K，即 $K = I_r/I_e$。系数 K 较小时，对小倍数过载保护有利，但也不宜接近 1。当 $K = 1$ 时，在额定电流工作下，熔体能够达到稳定，由于保护特性本身误差，熔体很可能发生熔断现象，影响其正常工作。

熔断器是利用热效应原理工作的，在电流引起的发热过程中，存在 I^2t 特性关系，即电流通过熔断器时产生的热量与电流的二次方和持续的时间成正比。电流越大，熔断时间越短。而熔断器又具有反时限保护特性，过电流越小，熔断时间越长。过电流越大，熔断时间越小。所以，在一定的过电流范围内，当电流恢复正常时，熔断器不会熔断还能继续使用。

电路当中发生过电流有两种情况，一种是短路，流过熔体的电流达到熔体额定电流的 8 ~10 倍时，熔体自身的发热温度开始突变上升，熔体迅速熔断，需要瞬动保护特性；另一种是过载，流过熔体的电流达到熔体额定电流的 1.3 ~2 倍时，熔体自身的发热温度开始缓慢上升，熔体开始缓慢熔断，需要反时限保护特性。

3. 典型产品及主要技术参数

（1）典型产品

熔断器产品系列、种类较多，分工业用和民用两大类。工业用途中又可分为一般工业用熔断器、半导体器件保护用熔断器和特殊熔断器（如具有两段保护特性的快慢动作熔断器、自复式熔断器）。一般工业用熔断器多采用开启式结构，常用产品按结构形式可分为半封闭瓷插式、螺旋式、无填料密封管式和有填料密封管式，外形分别如图 1-44 ~ 图 1-47 所示。国产常用产品型号有 RL 系列微螺旋式熔断器、RM 系列无填料密封管式熔断器和 RT 系列有填密封管式熔断器。

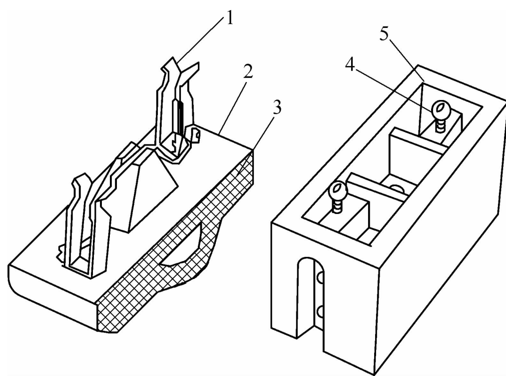


图 1-44　瓷插式熔断器
1—动触点　2—熔丝　3—瓷盖
4—静触点　5—瓷体

（2）主要技术参数

熔断器的主要技术参数有额定电压、额定电流、极限分断能力及熔断电流。RL 系列熔断器的主要技术参数见表 1-15。

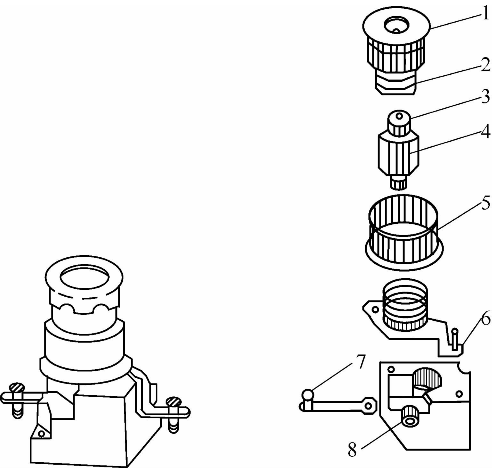


图 1-45 螺旋式熔断器

1—瓷帽 2—金属螺管 3—指示器 4—熔管
5—瓷套 6—上接线端 7—下接线端 8—瓷座

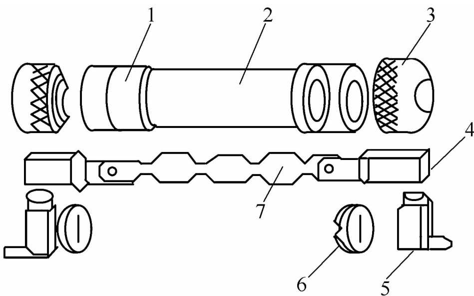


图 1-46 无填料密闭管式熔断器

1—铜圈 2—熔断管 3—管帽 4—熔片
5—插座 6—特殊垫圈 7—熔体

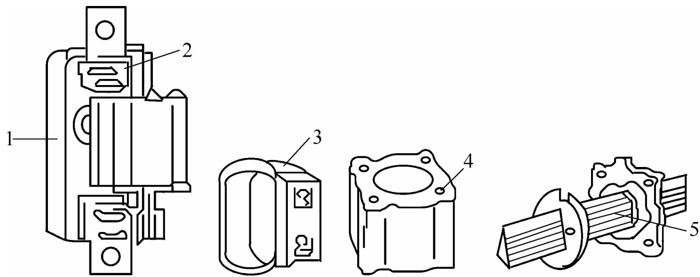


图 1-47 有填料封闭管式熔断器

1—瓷底座 2—弹簧片 3—绝缘手柄 4—管体 5—熔体

表 1-15 RL 系列熔断器的主要技术参数

型号	额定电压/V	额定电流/A		额定分断电流/kA	cosφ
		熔断器	熔 体		
RL6-25 RL96-25 Ⅱ	500	25	2，4，6，10，16，20，25	50	0.1～0.2
RL6-63 RL96-63 Ⅱ		63	35，50，63		
RL6-100		100	80，100		
RL6-200		200	125，160，200		
RL7-25	660	25	2，4，6，10，16，20，25	25	
RL7-63		63	35，50，63		
RL7-100		100	80，100		
RLS2-30	500	（30）	16，20，25，（30）	50	
RLS2-63		63	35，（45），50，63		
RLS2-100		100	（75），80，（90），100		

1）额定电压。额定电压指熔断器长期工作和分断后能够承受的电压。一般等于或大于电气设备的额定电压，否则在熔断器熔断时将会出现持续飞弧和被电压击穿而危害电路的现象。熔体的额定电压是熔断器允许的工作电压等级。

2）额定电流。额定电流指熔断器长期工作时，电器设备升温不超过规定值时所能承受的电流。它有两种:一种是熔管的额定电流,也称熔断器的额定电流,另一种是熔体的额定电流。一般情况下,熔管的额定电流等级规格少,熔体的额定电流等级较多。一种电流规格的熔管内可以有适合多种电流规格的熔体,但熔体的额定电流最大不能超过熔管的额定电流。

3）极限分断能力。极限分断能力指熔断器在规定的额定电压和功率因素（或时间常数）条件下，能可靠分断的最大短路电流。

4）熔断电流。熔断电流指通过熔体并能使其融化的最小电流。

4. 选型原则

熔断器在选用时主要考虑熔断器的类型、额定电压、额定电流和熔体的额定电流。

（1）熔断器类型的选择

熔断器的类型主要依据负载的保护特性和短路电流的大小选择。其次还要考虑线路的要求、使用场合和安装条件等。对于保护小容量电动机和照明用的熔断器，一般考虑它们的过电流保护，熔体的融化系数适当小些，多采用熔体为铅锡合金的熔丝。对于大容量的电动机和照明线路，除考虑过电流保护外，还要考虑短路保护及短路时的分断能力。短路电流较大时，常采用高分断能力的 RL 系列螺旋式熔断器；短路电流很大时，宜采用具有限流和高分断能力的 RT 系列熔断器。

（2）额定电压

熔断器额定电压的选择一般要大于或等于所接电路的额定电压。

（3）额定电流

熔断器的额定电流要根据负载的性质合理选择。

1）负载为电流比较平稳的照明或电热设备时，一般选用熔体的额定电流等于或稍大于被保护线路计算电流。线路计算电流根据负载额定电流的大小和实际电路的情况确定。

2）负载为具有冲击性电流的电动机时,对于单台三相笼型异步电动机,熔体的额定电流为

$$I_{RN}=(1.5\sim2.5)I_N \tag{1-7}$$

式中，I_{RN}为熔体的额定电流（A）；I_N为电动机的额定电流（A）。

轻载起动或起动时间短时，系数可近似取值为 1.5；重载起动或起动时间较长时，系数可取 2.5。

保护多台电动机时，熔体的额定电流为

$$I_{RN}=(1.5\sim2.5)I_{Nmax}+\sum I_N \tag{1-8}$$

式中，I_{Nmax}为多台电动机中电容量最大的一台电动机的额定电流（A）；$\sum I_N$为其余电动机的额定电流之和（A）。

当熔体的额定电流确定后，熔断器的额定电流应大于或等于熔体的额定电流来确定熔断器的额定电流。

（4）熔断器级间的配合

在配电系统中，通常有多级熔断器保护。为了防止发生越级熔断，选用时上一级（近电源端）熔体的额定电流比下一级（远离电源端）熔体的额定电流大 1～2 个等级。

1.6　低压刀开关和低压断路器

1.6.1　低压刀开关

低压刀开关又称低压隔离器。低压隔离器是指在断开位置能符合规定隔离功能要求及隔离距离要求，起隔离电源作用的低压开关电器。低压刀开关是指在断开位置能满足隔离器要求的开关。低压刀开关是低压电器中结构比较简单，应用十分广泛的手动操作电器，用于隔离电源、不频繁的手动接通和断开，交、直流电路以及小容量（功率小于 5.5kW）的三相异步电动机不频繁起动或停止。在对电气设备的带电部分进行检修时，必须保证这部分处于无电状态。通过低压刀开关将电源切除后，设备与电网脱离，保证检修人员安全。

低压开刀关产品种类很多，刀开关按闸刀数的不同又可分为单极、双极、三极等几种。主要类型有：带灭弧装置的大容量刀开关，带熔断器的开启式负载开关（俗称胶盖闸刀），带灭弧装置和熔断器的封闭式负载开关（俗称铁壳开关）及普通型组合开关等。常用的产品有：HD11 ~ HD14 和 HS11 ~ HS13 系列刀开关，HK1、HK2 系列胶盖瓷底刀开关，HH3、HH4 系列封闭式负载开关。其图形符号和文字符号如图 1-48 所示。

1. 胶盖瓷底刀开关

胶盖瓷底刀开关是低压刀开关中应用很广泛的手动电器，作为一般照明、电热等回路的控制开关，也可作分支线路的配电开关。适当降低容量时三极胶盖瓷底刀开关可直接用于不频繁地控制小型电动机。此种刀开关由操作胶壳、手柄、熔丝、触刀、触刀座和瓷底座等部分组成，带有短路保护功能。图 1-49 所示是 HK2 系列胶底瓷盖刀开关结构图。胶壳的主要作用是使电弧不致飞出来灼伤操作人员，防止极间电弧造成电源短路。熔丝起短路保护作用。

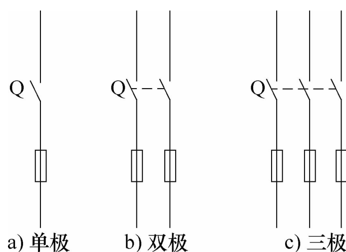


图 1-48　刀开关的图形符号和文字符号

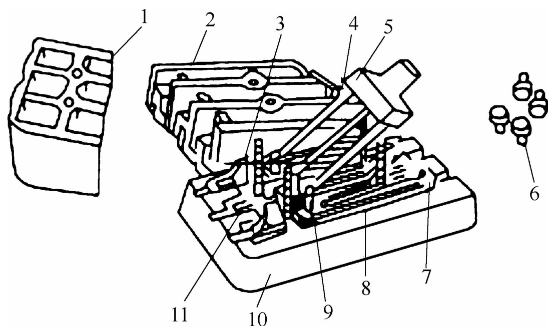


图 1-49　胶壳瓷底刀开关

1—上胶盖　2—下胶盖　3—插座　4—触刀　5—瓷柄
6—胶盖紧固螺钉　7—出线座　8—熔丝
9—触刀座　10—瓷底座　11—进线座

在安装刀开关时，合上开关手柄在上方，不得倒装或平装。倒装时，手柄由于重力作用可能会自动下滑引起误合闸，造成人身伤害事故。接线时，进线座处接电源端的进线，出线座处接负载端导线。靠触刀与瓷底座的分合来接通和分断电路。将电源线接在熔丝的上端，

负载接在熔丝的下端。拉闸后，刀开关与电源隔离，便于更换熔丝。

2. 熔断器式刀开关

熔断器式刀开关主要用于具有高短路电流的配电电路和电动机电路中，作为电源开关、隔离开关和应急开关。对电路过载和短路进行保护，但一般不作为单台电动机的直接开关。熔断器式刀开关主要有 HR3、HR5 和 HR11 系列，HR3 系列型号如图 1-50 所示。

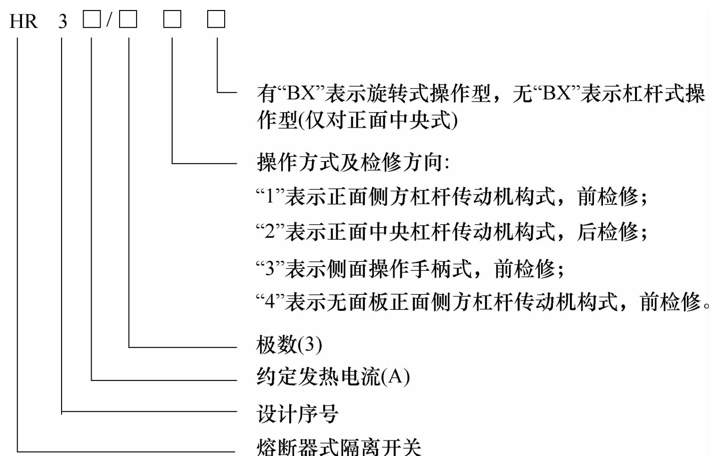


图 1-50　HR3 系列型号

HR3 系列熔断器式隔离开关适用于交流 50Hz、380V，额定电流至 1000A 的配电系统中作为短路保护和电缆、导线的过载保护之用。在正常情况下，可供不频繁地手动接通和分断正常负载电流与过载电流。在短路情况下，由熔断器分断电流。

3. 组合开关

组合开关是一种刀开关，由动触点、静触点、转轴、手柄、定位机构和外壳等组成。结构如图 1-51 所示。动触点和静触点分别叠装于数层绝缘底座内，手柄转动时，每层的动触片可随转轴转动，实现动、静触片的分合，接通或断开电路，广泛应用于机床电气设备中做电压引入开关，可直接控制小容量的三相异步电动机的非频繁正、反转。国产的主要产品有 HZ 系列。

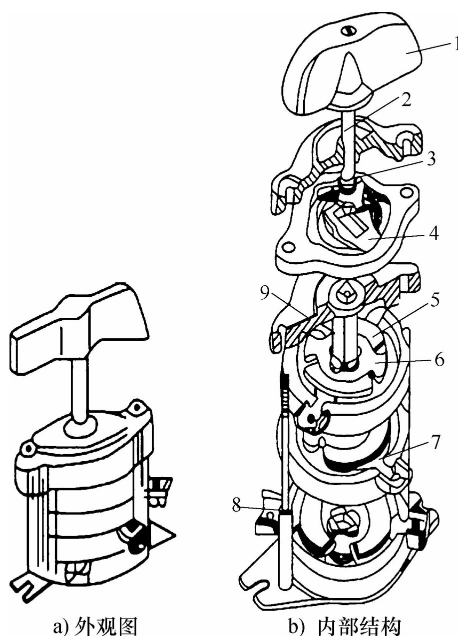


图 1-51　HZ5 系列普通型组合开关结构
1—手柄　2—转轴　3—弹簧　4—凸轮
5—绝缘垫片　6—动触片　7—静触片
8—接线柱　9—绝缘杆

HZ5 系列组合开关主要用于交流 50 ~ 60Hz，电压 380V 及以下的电气线路中作电源开关和笼型异步电动机的起动、换向、变速开关，也可作控制电路的换接之用。型号如图 1-52 所示。

4. 主要技术参数

刀开关的主要技术参数有额定电压、额定电

流、通断能力、动稳定电流、热稳定电流等。表 1-16 为 HZ5 系列组合开关的主要技术参数。

（1）通断能力。通断能力指在规定条件下，能在额定电压下接通和分断的电流值。

（2）动稳定电流。电路发生短路故障时，刀开关并不因短路电流产生的电动力作用而发生变形、损坏或触刀自动弹出之类的现象，这一短路电流（峰值）即称为刀开关的动稳定电流。

（3）热稳定电流。电路发生短路故障时，刀开关在一定时间内（通常为 1s）通过某一短路电流，并不会因温度急剧升高而发生熔焊现象，这一最大短路电流称为刀开关的热稳定电流。

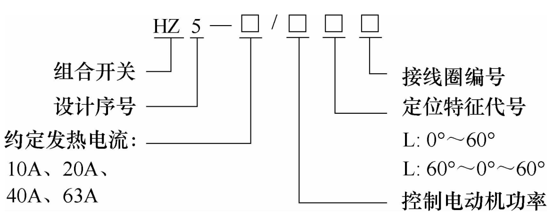


图 1-52 HZ5 系列型号

表 1-16 HZ5 系列主要技术参数

型号	I_{th} /A	U_i/V	U_e/V	I_e/A	额定控制功率/kW	AC-23 时操作循环数/万次			AC-3 时电寿命/万次	操作频率 /(次/h)
						空载	有载	总载		
HZ5-10	10	380	380	10	1.7					
HZ5-20	20	380	380	20	4	51	9	60	20	120
HZ5-40	40	380	380	40	7.5				15	120
HZ5-63	63	380	380	63	10	6	4	10	10	120

5. 刀开关选择

1）根据使用场合，选择刀开关的类型、极数及操作方式。

2）刀开关额定电压应大于或等于线路电压。

3）刀开关额定电流应等于或大于线路的额定电流。对于电动机负载，开启式刀开关额定电流可取电动机额定电流的 3 倍。封闭式刀开关的额定电流可取电动机额定电流的 1.5 倍。

1.6.2 低压断路器

低压断路器俗称空气开关，是一种既有手动开关作用又能自动进行欠电压、失电压、过载和短路保护的开关电器，用来分配电能，不频繁地起动异步电动机，对电源电路及电动机等实行保护，功能相当于熔断器式断路器与过电流、欠电压、热继电器等的组合。低压断路器具有操作安全，动作值可调、分断能力高、使用方便，工作可靠，安装简单，动作后（如短路故障排除后）不需要更换元器件（如熔体）等优点。因此，在工业、住宅等方面获得广泛应用。

低压断路器按结构形式分类，有装置式和开启式两种。装置式又称为塑料壳式。开启式又称为框架式或万能式，一般容量较大，具有较高的短路分断能力和较高的动稳定性。此外，还有一种内部采用微处理器作为核心部件的新型断路器，被称为智能化断路器。

1. 低压断路器的结构和工作原理

低压断路器主要由触点、灭弧系统、各种脱扣器和操作机构等组成，结构如图 1-53 所示。其图形符号和文字符号如图 1-54 所示。脱扣器是低压断路器中用来接收信号的元器件。若线路中出现不正常情况或由操作人员或继电保护装置发出信号时，脱扣器会根据信号的情

况通过传递元件使触点动作掉闸切断电路。脱扣器又分电磁脱扣器、热脱扣器、复式脱扣器、欠电压脱扣器和分励脱扣器。

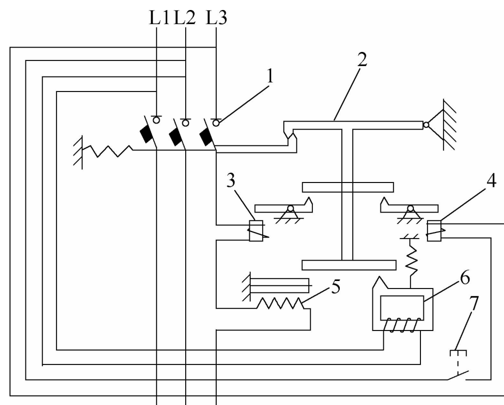


图 1-53　低压断路器的工作原理图
1—主触点　2—自由脱扣机构　3—过电流脱扣器
4—分励脱扣器　5—热脱扣器
6—欠电压脱扣器　7—按钮

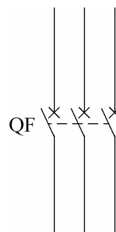


图 1-54　低压断路器的图形符号和文字符号

低压断路器投入运行时，操作手柄已经使主触点 1 闭合，自由脱扣机构 2 将主触点锁定在闭合位置，各类脱扣器进入运行状态。自由脱扣机构 2 是一套连杆机构，如果电路中发生故障，自由脱扣机构在相关脱扣的操作下动作，使脱扣器脱钩，主触点断开，分断主电路。

过电流脱扣器的线圈和热脱扣器的热元件与主电路串联，欠电压脱扣器的线圈与主电路并联。在短路和严重过载的情况下，过电流脱扣器 3 动作，衔铁被电磁铁吸动，通过传动机构推动自由脱扣机构释放主触点。主电路过载时，热脱扣器 5 的热元件发热使双金属片向上弯曲，通过传动机构推动自由脱扣机构释放主触点，实现长期的过载保护。当主电路电压消失或降到一定值以下时，欠电压脱扣器 6 的电磁吸力不足，在反力作用下，衔铁释放，推动自由脱扣机构动作。分励脱扣器 4 用于远距离操作控制，需要进行分闸操作时，按动常开按钮 7 使分励脱扣器的电磁线圈通电，衔铁被电磁铁吸动，传动机构推动自由脱扣机构，使低压断路器掉闸。

2. 典型产品及主要技术参数

（1）典型产品

常用装置式断路器有 DZ 系列产品，可手动或自动（对大容量断路器而言）合闸，有较高的分断能力和动稳定性，有较完善的选择性保护功能，广泛用于配电线路。产品型号如图 1-55 所示。

框架式低压断路器有 DW15、ME、AH 等系列产品，适用于交流 50Hz，额定电压 380V 的配电网络中，用作分配电能和保护线路及电源设备的过载、欠电压和短路。

国内生产的智能化断路器有框架式和塑料外壳式两种。框架式智能化断路器主要用于智能化自动配电系统中的主断路器；塑料外壳式智能化断路器主要用在配电网络中，分配电能和作为线路及电源设备的控制与保护，也可用作三相笼型异步电动机的控制。国内智能化框架断路器和智能化塑壳断路器产品有 DW45、DW40、DW914（AH）、DW18（AE-S）、DW48、

DW19(3WE)、DW17(ME)等。

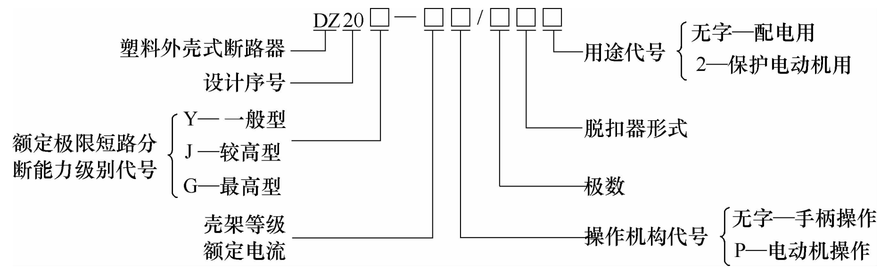


图 1-55　DZ20 系列型号

（2） 主要技术参数

低压断路器的主要技术数据有额定工作电压、壳架等级额定电流、脱扣器类型及额定电流、短路分断能力等。表 1-17 为 DZ20 系列断路器的主要技术参数。

1） 额定电压：断路器在电路中长期工作时的允许电压值。

2） 脱扣器的额定电流：脱扣器允许长期通过的电流。

3） 壳架等级额定电流：指每一件框架或塑壳中能安装的最大脱扣器额定电流。

4） 短路分断能力。断路器的分断能力指标有两种：额定极限短路分断能力和额定运行短路分断能力。额定运行短路分断能力作为一种分断指标，即分断几次短路故障后，还能保证其正常工作。对塑壳式断路器而言，应有足够的额定极限短路分断能力，能够分断短路电流使开关跳闸。

5） 过载延时保护。过载延时保护是指负载电流超过设备的限定范围有烧毁设备的危险，保护装置能在一定时间内切断电源。过载有个热量积累的过程，保护动作不需要过于迅速。对于短时过电流，保护不应该动作。

表 1-17　DZ20 系列断路器的主要技术参数

型　　号	脱扣器额定电流①I_N/A	壳架等级额定电流/A	瞬时脱扣整定值/A		交流短路极限通断能力/kA	电寿命/次	机械寿命/次
			配电用	电动机用			
DZ20C-160	16，20，32，50，63，80，100（C：125，160）	160	$10I_N$	$12I_N$	12	4000	4000
DZ20Y-100		100			18		
DZ20J-100					35		
DZ20G-100					100		
DZ20C-250	100，125，160，180，200，225（C：250）	250	$5I_N$，$10I_N$	$8I_N$，$12I_N$	15	2000	6000
DZ20Y-200		200			25		
DZ20J-200					42		
DZ20G-200					100		
DZ20C-400	200，250，315，350，400（C：100，125，160，180）	400	$10I_N$	$12I_N$	15	1000	4000
DZ20Y-400					30		
DZ20J-400			$5I_N$，$10I_N$	—	42		

① 表中括号之外的数据是 Y、J、G 型号的脱扣器额定电流；括号内的数据为 C 型号的脱扣器额定电流。

3. 选用原则

1）根据线路对保护的要求确定断路器的类型和保护形式，确定选用框架式、装置式或限流式等。额定电流为600A以下时，可选用塑料外壳式断路器，额定电流较大时，应选用万能框架式断路器。

2）低压断路器的额定电压应大于或等于线路或设备的额定电压。

3）断路器欠电压脱扣器的额定电压应等于被保护线路的额定电压。

4）分励脱扣器的额定电压应等于控制电源电压。

5）断路器的额定电流和过电流脱扣器的额定电流应大于或等于被保护线路的计算电流。

6）断路器的极限分断能力应大于线路的最大短路电流的有效值。

7）瞬时整定电流：保护笼型异步电动机的断路器，其瞬时整定电流为8～15倍电动机额定电流，取决于被保护电动机的型号、容量和起动。对保护绕线转子电动机的断路器，瞬时整定电流为3～6倍电动机额定电流，与被保护电动机的型号、容量和起动条件有关。

8）6倍长延时电流整定值的可返回时间大于等于电动机实际起动时间。按起动时负载的轻重，可选用可返回时间为1s、3s、5s、8s、15s中的某一档。

9）照明、生活用导线保护断路器，即在生活建筑中保护配电系统的断路器，长延时整定值小于等于线路计算负载电流。瞬时动作整定值等于6～20倍线路计算负载电流。

10）配电线路中的上、下级断路器的保护特性应协调配合，下级的保护特性应位于上级保护特性的下方且不相交。

4. 罗克韦尔断路器

罗克韦尔自动化公司生产的断路器有电动机保护断路器Bulletin 140M、140MX和塑壳断路器Bulletin 140U、140UE、140EX及Bulletin 188微型断路器等产品系列。其中，Bulletin 188微型断路器是一款脱扣等级可调且带有断相保护的电子式电动机过载保护断路器。这里以140EX系列塑壳断路器为例来分析罗克韦尔断路器。

140EX系列塑壳断路器是一款先进的、易于使用的紧凑型断路器，这款MCCB产品的性能和价值更为出众，非常适合用于配电盘、电动机控制中心或工业控制柜中使用。

塑料壳式断路器140EX系列产品的框架规格有HE框架、JE框架及KE框架，主要分析其特点和主要技术数据。图1-56所示为140EX系列JE框架式断路器。



图1-56　Bulletin 140EX系列JE框架式断路器

该系列产品易于断开与隔离，能够进行馈线或分支电路保护、过载保护及短路保护；具有100A、250A和400A框架尺寸；热/磁式、主触点3极，1个常开或1个常闭辅助触点；额定电流等级较多，额定工作电压为415V，额定绝缘电压为690V，额定冲击耐受电压为8kV，额定频率为50Hz/60Hz，在AC 415V和50Hz的情况下，极限短路分断能力最高可至50kA（440V）。

附件内部有辅助触点、分励脱扣器、欠电压脱扣器，外部有旋转操作机构、端子盖、导轨适配器及接线端子等。

1.7　主令电器

主令电器是用于电气自动控制系统中发送或转换控制命令的电器。主令电器的种类较多，应用较广泛。常用的主令电器有控制按钮、行程开关、万能转换开关、指示灯、主令控制器及接近开关等。主令电器使控制电路接通或断开，起辅助控制功能。

1.7.1　控制按钮

控制按钮简称按钮，是一种结构简单、使用广泛并具有储能弹簧复位的手动式主令电器。它是一种短时接通或断开小电流电路的电器，不直接控制主电路的通断，常与接触器或继电器配合，在控制电路中实现对电动机的远距离控制或电气联锁。

1. 按钮的结构和工作原理

图 1-57 是按钮的基本结构图，它一般由触点、按钮帽、复位弹簧和外壳等组成。当有外力按下按钮帽时，桥式触点 4 向下运动，与常闭静触点 3 断开，而与常开静触点 5 闭合。当外力消失后，在复位弹簧作用下，桥式触点向上运动，触点恢复原始状态。

2. 控制按钮分类及典型产品

控制按钮种类很多，按照触点形式可分为三种：动合按钮、动断按钮和复合按钮。在电气图中的图形符号和文字符号如图 1-58 所示。

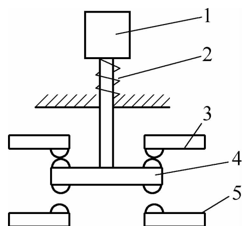


图 1-57　按钮的基本结构图

1—按钮帽　2—复位弹簧　3—常闭静触点

4—桥式触点　5—常开静触点

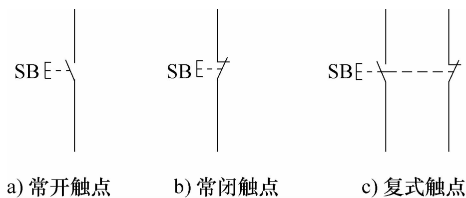


图 1-58　按钮的图形符号和文字符号

（1） 动合按钮

动合按钮又称起动按钮，触点是常开触点。外力向下按压按钮帽，触点闭合。外力消失时，在复位弹簧作用下触点恢复到断开状态。

（2） 动断按钮

动断按钮又称停止按钮，触点是常闭触点。外力向下按压按钮帽，触点断开。外力消失时，在复位弹簧作用下触点恢复到闭合状态。

（3） 复合按钮

复合按钮是既有动合按钮又有动断按钮的按钮组合。外力向下按压按钮帽，先断开常闭触点，再闭合常开触点。外力消失后，常开触点和常闭触点先后复位。

控制按钮按照结构形式可分为：旋钮式、钥匙式及紧急式等。旋钮式为手动旋钮操作方式；钥匙式是一种只有用钥匙插入按钮才可操作，防止误动作的控制按钮；紧急式也称蘑菇

头式，有红色大蘑菇头突出于按钮螺帽之外，供需要紧急切断电源时使用。

控制按钮按用途分为保护式、防腐式及防爆式等。保护式按钮：带有保护外壳，可防止内部的零件受机械损伤或操作者触及带电部分。防腐式按钮：适用于有化工腐蚀性气体的环境使用。防爆式按钮：适用于煤矿等有爆炸性气体和尘埃的环境使用。

按钮种类很多，国产开关产品有LAY、LA等系列。其中LA系列按钮是最常用产品，LA18系列按钮是其中的一种，主要适用于交流50Hz电压到380V及直流电压至220V的磁力起动器、接触器、继电器及其他电器线路中，用于遥远控制。产品型号如图1-59所示。

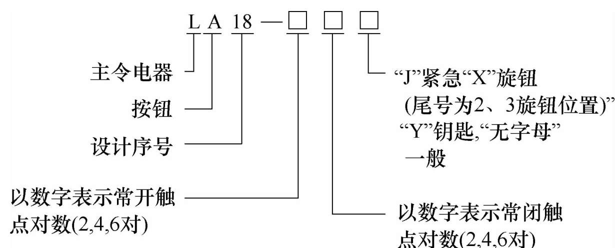


图1-59　LA18系列型号

LA18系列按钮常见型号（最后一位）：开启式－K；保护式－H；防水式－S；防腐式－F；防爆式－B；旋钮式－X；钥匙式－Y；紧急式－J或M；自持按钮－Z；带灯按钮－D；组合式－E；联锁式－C。每种开关都有不同的颜色可供选择，如白色、黑色、红色、黄色和绿色等。

1.7.2　限位开关

限位开关又称行程开关或位置开关，是一种利用生产机械运动部件的碰撞使其触点动作来实现接通或分断控制电路，达到一定的控制目的主令电器。

限位开关将机械信号转变为电信号，是一种常用的小电流主令电器。通常，这类开关被用来限制机械运动的位置或行程，使运动机械按一定位置或行程自动停止、反向运动、变速运动或自动往返运动等，对生产机械进行必要的保护。

限位开关广泛应用于各类机床和起重机械的控制中，用以控制其行程、进行终端限位保护。在电梯的控制电路中，利用限位开关来控制开关轿门的速度、自动开关门的限位，轿厢的上、下限位保护等。

1. 限位开关结构和工作原理

限位开关种类很多，结构形式多种多样，其基本结构主要有摆杆、滚轮、触点系统和外壳等几部分组成。摆杆的形式的不同，限位开关又有直动式、滚轮式和微动式等类型。其图形符号和文字符号如图1-60所示。

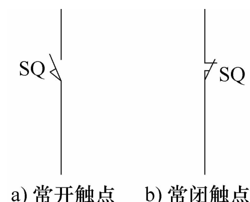


图1-60　限位开关图形符号和文字符号

直动式限位开关如图1-61所示，由顶杆、弹簧、触点系统等组成。它的结构和动作原理与控制按钮相似。机械设备的运动部件上安装行程开关，与其相对运动的固定点上安装极限位置的挡块。当限位开关顶杆碰撞挡块时，常闭触点断开，常开触点闭合，切断或改变控制电路，机械停止运动或改变运行。触点的分合速度取决于生产机械的运行速度，不宜用于速度低于0.4m/min的场合。

滚动式限位开关如图1-62所示，由滚轮、上转臂、弹簧、套架、压板以及触点等组成。被控机械上的挡块碰撞到带有滚轮的撞杆时，若滚轮受力方向向左，如图1-62中箭头所示。滚轮带动上转臂2转向左下方，套架4则向右上转动并压缩弹簧5，带动小滑轮9由左向右

转动，顶下触点推杆 7，从而使触点迅速动作与左侧静触点闭合。最后，在复位弹簧作用下，各部件复位。滚动式限位开关常用在要求触点接通、断开比较迅速的场合，减少电弧对触点的损坏。滚动式限位开关又分为复位式（单滚轮）和非复位式（双滚轮）两种。双滚轮式行程开关具有两个稳态位置，有记忆功能，在一些情况下可以简化控制电路。

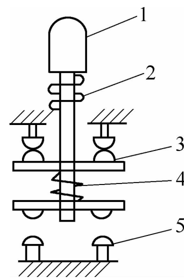


图 1-61　直动式限位开关

1—顶杆　2—弹簧　3—常闭触点　4—触点弹簧　5—常开触点

微动式限位开关如图 1-63 所示，由推杆、弯形片状弹簧、触点系统以及复位弹簧组成。原始状态下，在弯形片状弹簧作用下，桥式触点与图中常闭触点 4 接通，与常开触点 3 断开。当推杆 1 碰到挡块后，推杆向下挤压复位弹簧 5，带动弯形片状弹簧 2 向下运动发生形变。弯形片状弹簧 2 的反作用力推动桥式触点向上运动，常闭触点 4 断开，常开触点 3 闭合。当推杆上作用力消失后，在复位弹簧 5 的作用下，各部件复位。微动式限位开关主要应用在行程比较小且作用力也很小的场合。

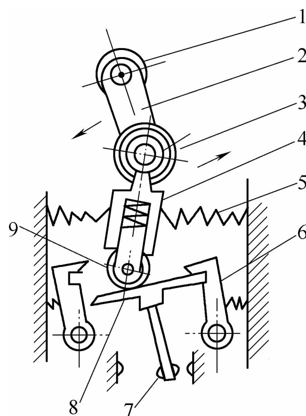


图 1-62　滚动式限位开关

1—滚轮　2—上转臂　3、5—弹簧　4—套架　6—压板　7—触点　8—触点推杆　9—小滑轮

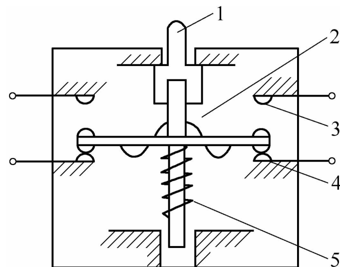


图 1-63　微动式限位开关

1—推杆　2—弯形片状弹簧　3—常开触点　4—常闭触点　5—复位弹簧

2. 典型产品

目前，国产行程开关型号种类较多，常用直动式限位开关有 LX1、LX3 及 JLXK1 等系列产品，可作为控制速度不小于 0. 1m/min 的运动机构的行程开关或变换其运动方向、速度用的开关。滚轮式产品有 LX2、JLXK2 等系列产品，在机床、机械的自动控制、限制运动传动机构动作或程序控制中有广泛应用。微动式限位开关有 LXW-11 及 JWL1 等系列产品，这些具有微小行程、瞬时动作的灵敏开关，广泛地用于机械、纺织、轻工、电子仪器等各种机械设备和家用电器上作行程控制、限位保护和联锁等。

1. 7. 3　接近开关

接近开关是一种无触点、非接触式行程开关。与机械行程开关不同，它不需要外部施加机械力，而是通过与被测物体间介质能量的变化来获取信号。物体与之接近一定距离时就能

发出电信号。非接触式的形式很多，常见的有光电式、电感式、超声波式等，当然还有更多的先进形式。接近开关的种类非常丰富，目前国产的接近开关主要有 LJ、CJ、AB、SJ 等系列。

接近开关可代替有触点行程开关完成行程控制和限位控制，还可用于高速计数、测速、液面控制、零件尺寸检测、加工程序的自动衔接等的非接触式控制。具有非接触式触发、动作速度快、可在不同的检测距离内动作、发出稳定无脉动的信号、稳定可靠、寿命长、重复定位精度高、极适用恶劣环境等特点。所以，在机床、纺织、印刷、塑料等工业生产中应用广泛。其图形符号和文字符号如图 1-64 所示。

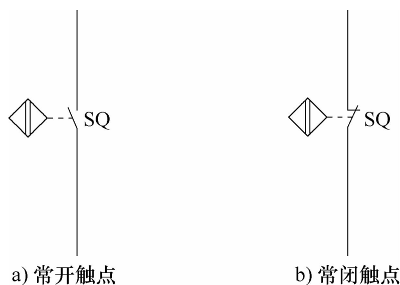


图 1-64　接近开关的图形符号和文字符号

1.7.4　万能转换开关

万能转换开关是一种多档式、控制多回路的主令电器，主要用于各种配电装置电路的转换和遥控、各种控制电路的转换、电压表和电流表的换相测量控制及直接控制小容量三相笼型异步电动机的起动、可逆转换、变速等。

1. 万能转换开关的结构和工作原理

万能转换开关一般采用组合式设计结构，由多组相同结构的触点组件，叠装而成的多回路控制电器。它由操作机构、定位装置、触点系统、转轴、手柄等部件组成。万能转换开关单层结构如图 1-65 所示。

触点在绝缘基座内，为双断点桥式触点结构。转动手柄带动转轴和凸轮沿圆周运动，由于凸轮的形状不同，当手柄处在不同位置时，凸轮凹槽与推杆顶部的吻合情况不同。当凸轮凹槽与推杆相吻合时，在复位弹簧作用下，推杆顶部嵌入凸轮凹槽内，带动桥式触点向圆心方向运动，与静触点闭合。当凸轮凹槽与推杆不吻合时，推杆受到凸轮的作用力后，向远离圆心方向运动，挤压复位弹簧带动桥式触点运动与静触点断开。手柄在不同的转换角度时，触点的开闭状态也不同。因此，常用角度来表示万能转换开关的手柄操作位置，如 0°、45°、90°、135°等多种定位角度，手柄的操作位置不同，触点的状态也不同。

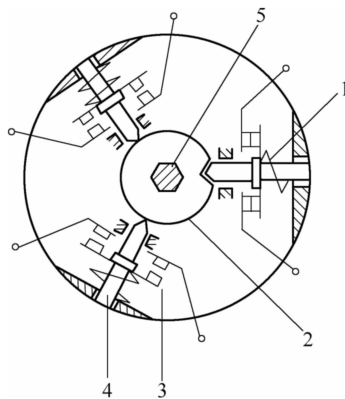


图 1-65　万能转换开关单层结构图
1—复位弹簧　2—凸轮　3—常开触点　4—推杆　5—转轴

万能转换开关触点的开闭状态在电气图中的图形符号如图 1-66 所示。由于触点的开闭与手柄的操作位置有关。因此，除了画出图形符号外，还需要画出手柄操作位置与触点分合状态的关系图，即操作图，如图 1-67 所示。

2. 万能转换开关典型产品

常用万能转换开关有 LW 系列产品，产品种类较多。图 1-68 所示为 LW5 系列定位型转换开关的型号。其中，用途代号种类有：Q1、Q2-直接起动；N-可逆转换；S-双速电动机变速；SN-双速电动机变速、可逆。LW5 系列万能转换开关适用于电路中转换电气控制电路，

也可直接控制 5.5kW 及以下容量三相笼型异步电动机的起动、可逆转换、变速等。

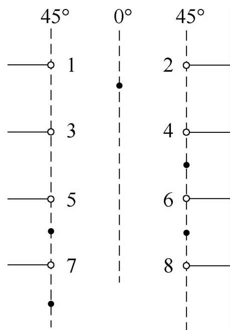


图 1-66 万能转换开关图形符号

触点	位置		
—	45°	0°	45°
1—2		×	
3—4			×
5—6	×		×
7—8	×		

图 1-67 万能转换开关操作图

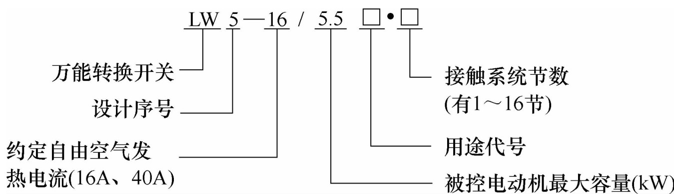


图 1-68 LW5 系列产品型号

1.7.5 主令控制器

主令控制器是一种用于电气传动装置中频繁地按顺序切换多个控制电路的主令电器。主令电器直接或经过减速器与操作机构相连，主令控制器的触点根据操作机构的行程或转角按一定顺序闭合或断开。使用主令控制器可以对控制电路发布命令，与其他电路联锁或切换。与磁力起动器配合对绕线转子异步电动机的起动、制动、调速及转向实行远距离控制，广泛应用于起重机、轧钢机及各类重型机械的电气传动控制系统中。

1. 主令控制器的结构和工作原理

主令控制器的结构和工作原理与万能转换开关相类似，一般由凸轮、触点、操作机构、齿轮减速机构和外壳等组成，也是由一个可转的凸轮带动触点动作。但与万能转换开关相比，主令控制器的触点容量较大些，操纵换挡位也较多。主令控制器的产品种类较多，常用的主令控制器有 LK 系列，其结构原理如图 1-69 所示。在电气图中，主令控制器的触点的图形符号和文字符号以及操作手柄在不同位置时触点的分合状态的表示方法与万能开关相类似，在此不再累述。

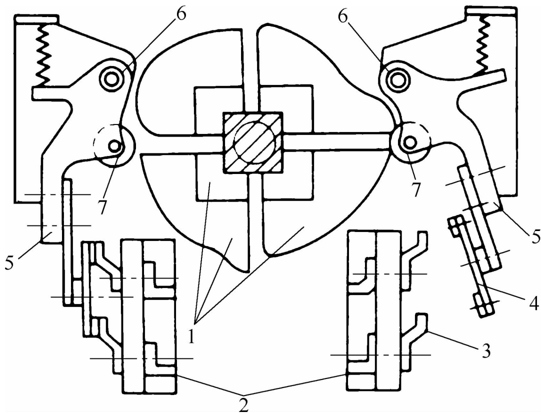


图 1-69 主令控制器结构图

1—凸轮块 2—接线端子 3—静触点 4—动触点 5—支杆 6—转轴 7—小轮

2. 主令控制器的典型产品

LK 系列主令控制器产品型号较多。其中，LK5 系列主令控制器，有手动操作、机械操作与电动机驱动三种形式的产品。LK5 系列主令控制器适用于交流 50Hz，电压至 380V 及直流电压至 440V 的电路中，主要用于各类型电力驱动装置的遥远控制，可以控制需要较多控制电路的联锁与转换装置，适用于频繁操作任务，但它不适用于有化学活跃性、易燃气体及充满灰尘以及非常潮湿的场所。

1.7.6　罗克韦尔自动化主令电器

1. 控制按钮

罗克韦尔自动化公司生产的控制按钮种类较多，有 Bulletin 800T/H 系列、Bulletin 800F 系列、800B 系列及安全防爆按钮 800G、800H 和 800R 等系列产品。Bulletin 800T 材质为金属材料，Bulletin 800H 材质为塑料，防护等级均为 IP66。这些控制按钮的类型包括普通型、急停型、选择开关型、指示灯型及触点块型。其中触点块型比较特殊，其材质有未密封：银触点或贵金属触点；密封在玻璃管内的钨触点或贵金属触点。防护等级为 IP2X 手指保护。Bulletin 800F 系列是一体式控制按钮。安全防爆系列按钮主要是在含有易燃性气体、液体或易燃性粉尘等特殊工业场合下使用。

2. 安全限位开关

Bulletin 400P 是罗克韦尔自动化公司生产的一款安全限位开关，具有以下特点：

1）Bulletin 400P 是最紧凑的塑料位置安全开关。

2）可强制操作，强制断开常闭触点。

3）触点类型有：速动、缓通或缓断触点块。

4）1 个常开和常闭触点、2 个常闭和 1 个常开触点（也提供 3 个常闭和 1 个常开触点及 4 个常闭开关）。

3. 接近开关

罗克韦尔自动化公司生产的传感器种类比较多，包括光电传感器、接近和超声波传感器、电感式接近传感器、超声波传感器及电容性接近传感器等，相应的限位开关种类也较多，有编码器/条件感应型开关、固态压力、温度和流量开关等。有大量操作类型和电路布置可供选择，在材料输送、包装、电梯、自动扶梯、剪叉式升降台、工业车辆和拖拉机、起重机和吊车及升降门等场所有广泛应用。

第 2 章　电气电路的基本控制原则和基本控制环节

2.1　电气控制系统图的类型及有关标准

电气控制系统是由电气元器件按照一定要求连接而成的。电气控制系统图是用图形的方式来表示电气控制系统中的电气元器件及其连接关系，图中采用不同的图形符号表示各种电气元器件，采用不同的文字符号表示各电气元器件的名称、序号或线路的功能、状况和特征，采用不同的线号或接点编号来表示导线与连接等。电气控制系统图表达了生产机械电气控制系统的结构、原理等设计意图，是电气系统安装、调整、使用和维修的重要资料。

常用的电气控制系统图有电气原理图、元器件布置图和电气安装接线图。电气控制系统图中，电气元器件的图形符号和文字符号都必须采用统一的国家标准。

1. 电气原理图

用规定的图形符号，按主电路和辅助电路相互分开并依据各电气元器件动作顺序等原则所绘制的线路图，称为电气原理图。它包括所有电气元器件的导电部件和接线端点，不表示电气元器件的形状、大小和安装方式。简言之：电气原理图表达电气控制系统的组成和连接关系，主要用来分析控制系统工作原理。

现以图 2-1 普通车床电气原理图为例来介绍电气原理图的原则和注意事项。

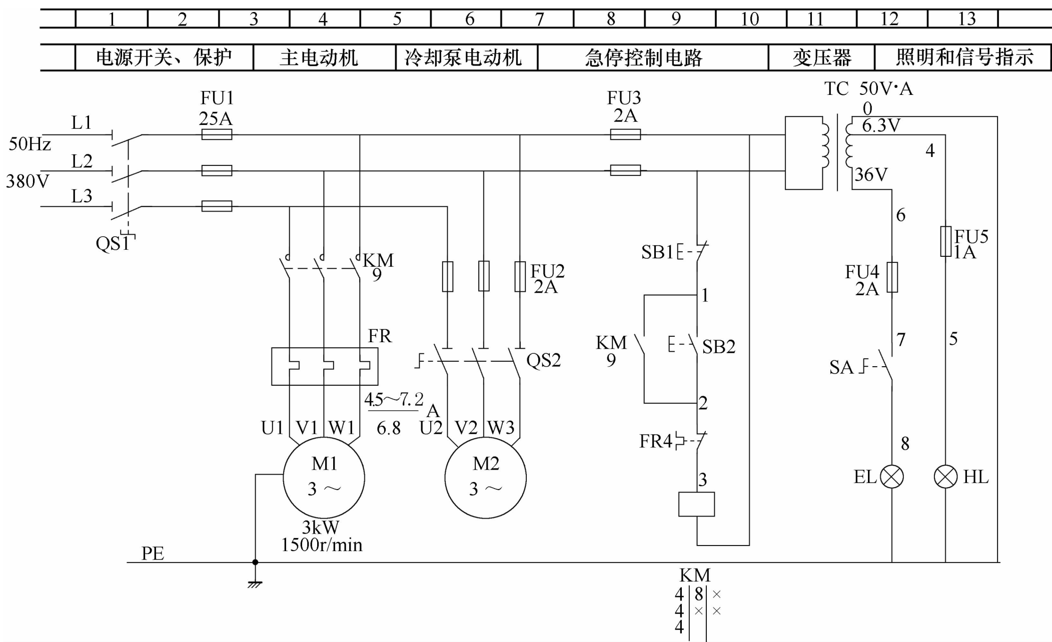


图 2-1　普通车床电气原理图

（1）绘制电气原理图的原则

1）电气原理图一般分为主电路和辅助电路两部分。无论是主电路还是辅助电路都垂直布置，电源电路绘成水平线，主电路用粗线绘制在图画的左侧或上方，控制电路用细实线绘制在图画的右侧或下方。所有耗能元器件（线圈、指示灯等）均画在电路的最下端。

本例中的主电路是从电源到电动机的电路，其中有刀开关、熔断器、接触器主触点、热继电器发热元器件与电动机等。辅助电路包括控制电路、照明电路、信号电路和保护电路等。它们由继电器、接触器的电磁线圈、接触器的辅助触点、控制按钮、控制变压器、熔断器、照明灯和信号灯等组成。

2）电气原理图中，所有电气元器件都应采用国家统一规定的图形符号和文字符号来表示。

3）电气原理图中，各个电气元器件和部件在控制线路中的位置，应根据便于阅读的原则安排，同一元器件的各个部件可以不画在一起。

4）电气原理图中，所有电器的触点都按没有通电和没有受外力作用时的状态绘制。

5）电气原理图中，有直接电联系的交叉导线连接点，要用黑圆点表示。无直接联系的交叉导线连接点不画黑圆点。

6）原理图应按功能布置，即同一功能的电气元器件集中在一起，尽可能按动作顺序从上到下或从左到右的顺序绘制。

7）原理图的绘制要层次分明，各元器件及触头的安排要合理，既要做到所用元器件最少、耗能最少，又要保证电路运行可靠，安装、维护方便。

（2）原理图区域的划分

为了便于确定原理图的内容和组成部分在图中的位置，可在图面上分区，每个分区内竖边方向用大写的拉丁字母编号。图区编号可以设置在图的上方或下方，对应图区编号下方或上方表明它对应电路的功能。

（3）继电器和接触器触点位置的索引

电气原理图中，继电器和接触器线圈下方的触点表用来说明线圈和触点的从属关系。

在原理图中相应线圈的下方，给出触点的文字符号，并在其下面注明相应触点的索引代号，对未使用的触点用“×”表明，有时也可采用省去触点的表示法。

对接触器，上述表示法中各栏的含义如下：

右栏	中栏	左栏
主触点所在图区号	辅助常开触点所在图区号	辅助常闭触点所在图区号

对继电器，上述表示法各栏的含义如下：

左栏	右栏
辅助常开触点所在图区号	辅助常闭触点所在图区号

图 2-1 中 KM9 线圈下方的是接触器 KM 相应触点的索引。

4	8	×
4	×	×
4		

（4）电气图中数据的标注

电气原理图中电气元器件的相关数据，常在电气原理图中元器件文字符号下方标注出来。图 2-1 中，热继电器文字符号 FR 下方标注的 4.5 ~7.2A 表示该热继电器的动作电流值范围，6.8A 表示该热继电器的整定电流值。

2. 元器件布置图

元器件布置图表明电气原理图中所有元器件、电器设备的实际位置，为电气控制设备的制造、安装提供必要的资料。绘制元器件布置图时应注意以下问题：

1）各电器代号应与有关电路图和元器件清单上所列的元器件代号相同。

2）体积大的和较重的元器件应该安装在电气安装板下面，发热元器件应安装在电气安装板的上面。

3）强电、弱电应分开，弱电应屏蔽，防止外界干扰。

4）经常要维护、检修、调整的元器件安装位置不宜过高或过低。

图 2-2 为某设备的元器件布置图。

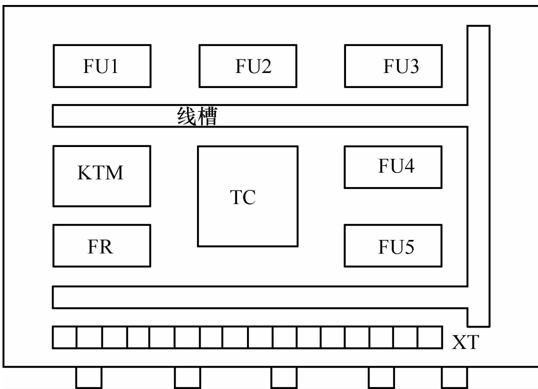


图 2-2　某设备的元器件布置图

3. 电气安装接线图

电气安装接线图是用规定的图形符号，按各元器件相对位置绘制的实际接线图。在具体施工和检修中能起到原理图所起不到的作用，在生产现场得到了广泛的应用。

电气安装接线图是实际接线安装的准则和依据，它清楚地表明各元器件的相对位置和它们之间的电气连接，安装接线图不仅要把同一个电器的各个部件画在一起，而且各个部件的布置要尽可能符合该电器的实际情况。各元器件的表示要与原理图一致，以便核对。同一控制柜中的各元器件之间的连接可以直接进行，不在同一个控制柜内的各元器件之间的导线连接，必须通过接线端子进行。

安装接线图中，分支导线必须在各元器件接线端上引出，还应该详细标明导线和所穿管子的型号、规格等。

电气安装接线图表示出项目的相对位置、项目代号、端子号、导线号、导线型号、导线截面等内容。接线图中的各个项目（如元器件、器件部件、组件、成套设备等）采用简化外形（如正方形、矩形、圆形）表示，简化外形旁边应标注项目代号，并应与电气原理图中的标注一致。

电气安装接线图的绘制原则：

1）接线图中，各元器件的相对位置与实际安装的相对位置一致，且所有部件都画在一个按实际尺寸以统一比例绘制的点画线框中。

2）各元器件的接线端子都有与电气原理图中相一致的编号。

3）接线图中应详细地标明配线用的导线型号、规格、标称面积及连接导线的根数。标明所穿管子的型号、规格等，并标明电源的引入点。

4）安装在电气板内外的元器件之间需通过接线端子板连线。

图 2-3 为某设备的电气安装接线图。图中还标注出连接导线的型号、根数、截面积，如 BVR3 $\times 1mm^2$ 为聚氯乙烯绝缘软电线、3 根导线、导线截面积为 $1mm^2$。

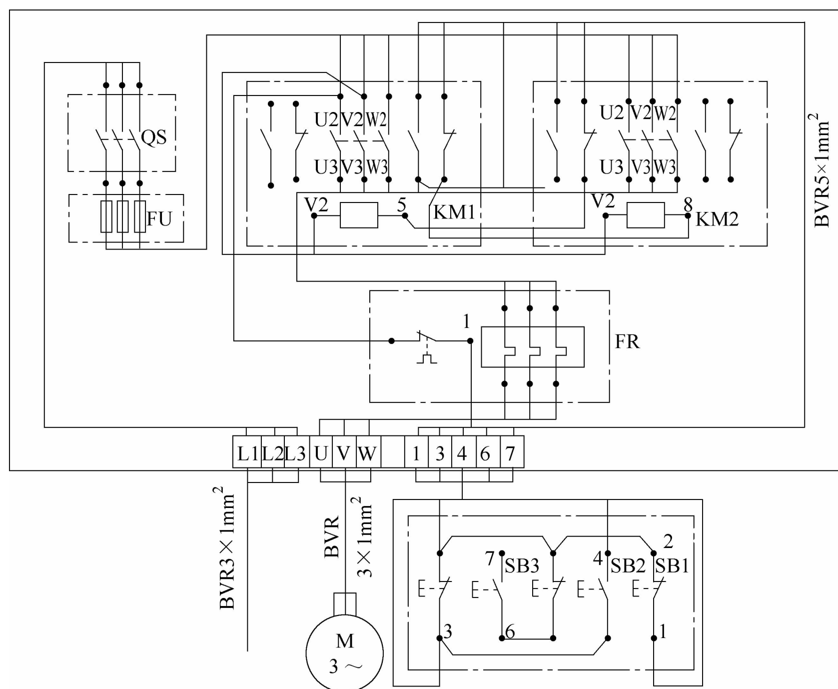


图 2-3　某设备的电气安装接线图

2.2　电气控制电路基本控制环节

由继电器、接触器所组成的电气控制电路基本控制环节包括：点动与长动控制电路、正/反转控制电路、按顺序起停控制电路、自动往返控制电路、多点起停控制电路等。本节将逐一对上述电气控制电路进行介绍。

1. 点动与长动控制电路

（1）长动控制电路

所谓长动就是操作者按下起动按钮后，电动机起动运转，松开起动按钮时电动机仍然保持转动，直到操作者按下停止按钮后，电动机才停止运转。

图 2-4 为最基本的三相笼型异步电动机单向全压直接起动控制电路（长动）。电动机起动时，合上电源开关 QS，接通控制电路电源，按下起动按钮 SB2，其常开触点闭合，接触

器 KM 线圈通电吸合，KM 常开主触点与常开辅助触点同时闭合，前者使电动机接入三相交流电源起动旋转，后者并接在起动按钮 SB2 两端，从而使 KM 线圈经 SB2 常开触点与 KM 的常开辅助触点两路供电。松开起动按钮 SB2 后，SB2 这一路断开，但 KM 线圈仍通过常开辅助触点这一路保持通电，电动机继续旋转。这种依靠接触器自身辅助触点而保持通电的现象称为自锁，起自锁作用的这对触点称为自锁触点，这段电路称为自锁电路。

图 2-5、图 2-6 是既可以实现点动又可以实现连续运行的控制电路。图 2-5 的电路通过手动开关 SA 控制点动、长动的切换。图 2-6 中，复合按钮 SB3 实现点动控制，按钮 SB2 实现连续控制。

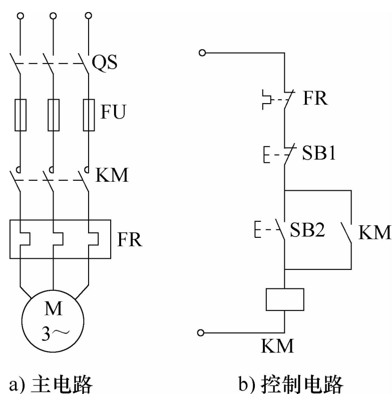


图 2-4　三相笼型异步电动机单向全压直接起动控制电路

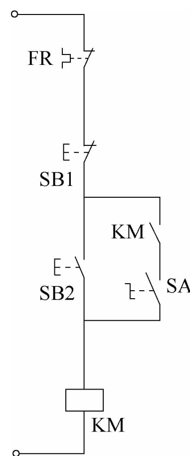


图 2-5　手动开关切换的电路

（2）基本的点动控制电路

所谓点动就是操作者按下起动按钮后，电动机起动运转，松开起动按钮电动机就停止转动。图 2-7 为点动控制电路，与长动控制电路相比，点动控制电路有两点变化：①去掉了自锁触点；②无过载保护（短时工作）。

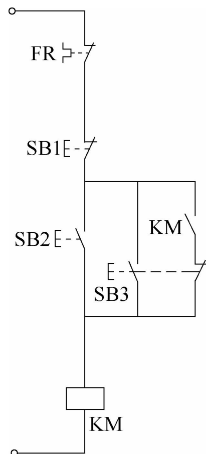


图 2-6　通过按钮实现切换的电路

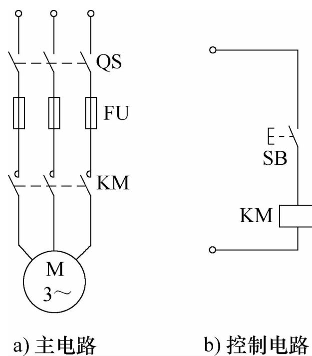


图 2-7　点动控制电路

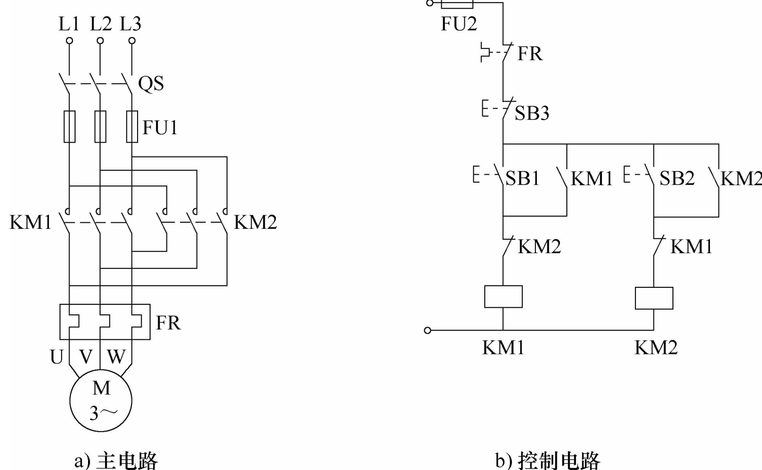
2. 正/反转的控制电路

许多生产机械都有可逆运行的要求，由电动机的正/反转来实现生产机械的可逆运行是很方便的，只需使拖动电动机可以两个方向运行就可以了。如果用 KM1 和 KM2 分别完成电动机的正/反向控制，那么由正转与反转起动线路组合起来就构成了正/反转控制电路。

对三相异步电动机实现正/反转控制的方法是：对调交流电动机的任意两相电源相序。在电动机正反转控制电路中，利用两个接触器的常闭辅助触点互相控制的方法叫做互锁，而两对起互锁作用的触点叫做互锁触点。

（1）电动机“正-停-反”控制电路

电动机“正-停-反”控制电路如图 2-8 所示。



a) 主电路　　b) 控制电路

图 2-8　电动机“正-停-反”控制电路

电动机“正-停-反”控制电路的工作过程如下：

①按下 SB1→KM1$^+$→KM1 自锁（$\begin{matrix}L1 & L2 & L3\\ U & V & W\end{matrix}$）→正转

②按下 SB3→停

③按下 SB2↓→KM2 线圈得电→KM2 自锁（$\begin{matrix}L1 & L2 & L3\\ W & V & U\end{matrix}$）→反转

④按下 SB3↓→停

图 2-8 所示电动机“正-停-反”控制电路中使用了电气互锁环节。在控制中，凡具有相反动作的控制电路均需电气互锁。

（2）电动机“正-反-停”控制电路

电动机“正-反-停”控制电路如图 2-9 所示。

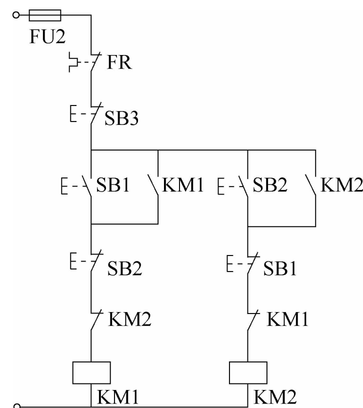


图 2-9　电动机“正-反-停”控制电路

电动机“正-反-停”控制电路工作过程如下：

①按下 SB1→KM1 线圈得电→正转

②按下 SB2→KM1 线圈失电、KM2 线圈得电→反转

③按下 SB1→KM2 线圈失电、KM1 线圈得电→正转

④按下 SB3→停

图 2-9 所示电路中利用复合按钮的常闭触点串接在对方线圈回路中而形成了相互制约的控制，这样的控制环节称为机械互锁。

3. 按顺序起/停控制电路

在生产过程中，有些设备往往要求其上的多台电动机按一定顺序实现起动和停止，如磨床上的电动机就要求先起动液压泵电动机，再起动主轴电动机。按顺序起/停控制电路有顺序起动、同时停止控制电路和顺序起动、顺序停止控制电路。

图 2-10 为顺序起动控制电路，KM1 的常开触点串接在 M2 电动机的控制回路中，以保证只有在 M1 起动后，M2 才能起动。

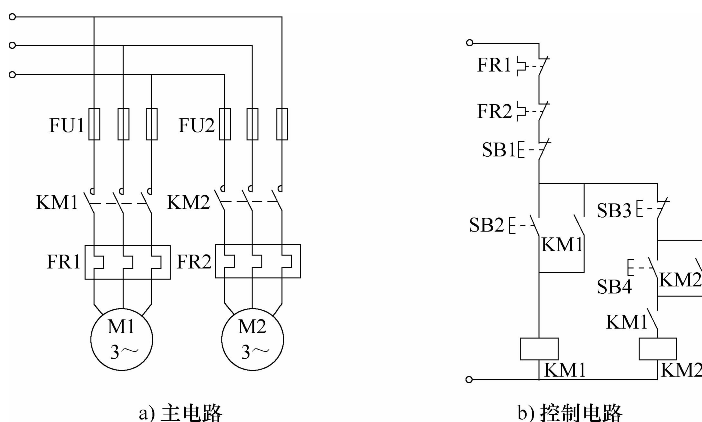


图 2-10 顺序起动控制电路

图 2-11 为顺序停止控制电路，该电路通过把 KM2 的常开触点并接在 SB1 的两端，实现了顺序停止控制功能（先停 M2 后停 M1）。

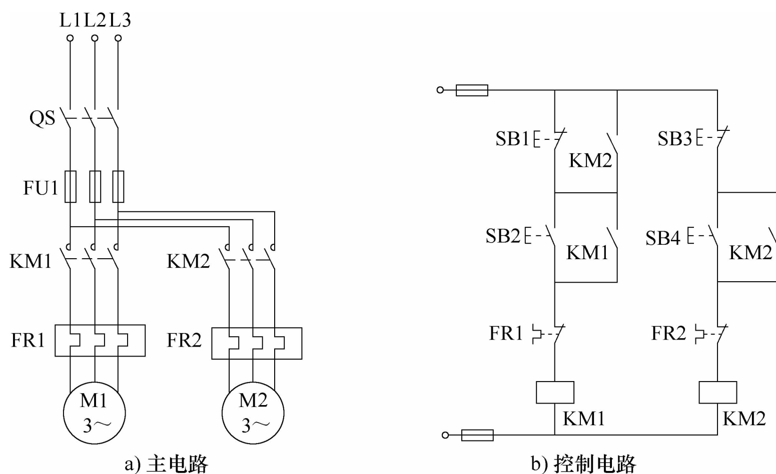


图 2-11 顺序停止控制电路

通过以上两种控制电路，可得出如下结论：

1）要求甲接触器动作后乙接触器才能动作，则将甲接触器的常开触点串在乙接触器的线圈电路中。

2）要求甲接触器停止后乙接触器才能停止，则将甲接触器的常开触点并接在乙接触器的停止按钮两端。

4. 自动往返控制电路

在生产中，某些机床的工作台需要进行自动往返控制，而自动往返控制通常是利用行程开关来控制自动往返运动的相对位置，再来控制电动机的正/反转或电磁阀的通/断电来实现的。

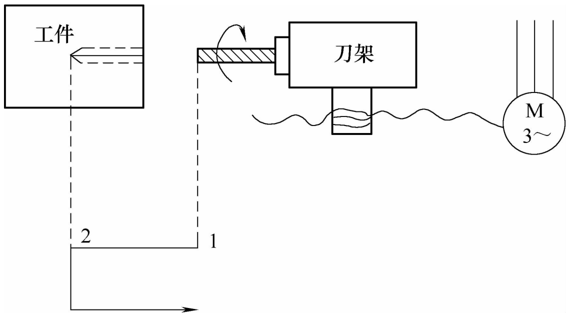


图 2-12　刀架自动往返运动示意图

图 2-12 为钻削加工刀架自动往返运动示意图，刀架在位置 1 起动后能自动地由位置 1 开始移动到位置 2 进行钻削加工，刀架到达位置 2 后自动退回到位置 1 时停车。为实现上述功能，在位置 1 安装有行程开关 SQ1，在位置 2 安装有行程开关 SQ2。

图 2-13 为自动往返控制电路图，该电路的工作原理此处不再赘述。在设计，使用该电路时需要注意以下几点：

1）控制电路在安装行程开关（SQ1、SQ2）时与电动机的转向要一致。

2）需在位置 1、位置 2 的外侧分别加装行程开关 SQ3 和 SQ4，SQ3 和 SQ4 用来实现极限保护，避免运动部件因超出极限位置而发生事故。

3）该电路存在一定隐患，即：若小车停在原位或终点，一送上电源，小车即开始自动运行。

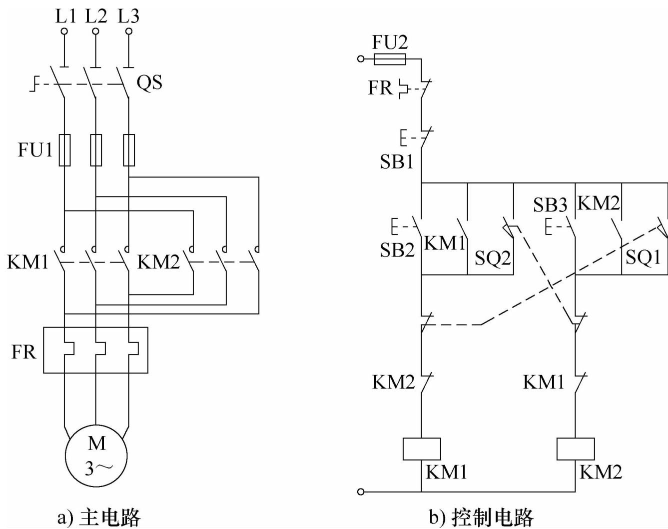


图 2-13　自动往返控制电路图

5. 多点起停控制电路

在大型生产机械和设备中，为了操作方便，常要求能在多个地点进行控制，即多地控制。多地控制的原则是：把起动按钮并联连接，停止按钮串联连接。图 2-14 为多地控制电路图。

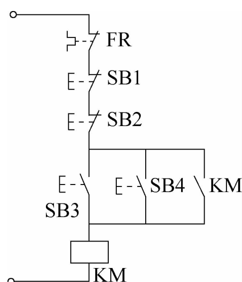


图 2-14　多地控制电路图

2.3　三相异步电动机的起动控制

异步电动机有直接起动和减压起动两种起动方式。

1. 直接起动控制电路

对于控制要求不高的简单机械，如小型台钻、砂轮机、冷却泵等都直接用开关起动，如图 2-15 所示。对于中小型卧式车床主电机都采用接触器直接起动线路，如图 2-4 所示。

2. 减压起动控制电路

较大容量（大于 10kW）的笼型异步电动机因起动电流较大，不允许用全压直接起动，应采用减压起动控制。有时为了减小起动时对机械设备的冲击，即便是允许采用直接起动的电动机，也往往采用减压起动。

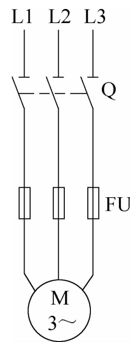


图 2-15　用开关直接起动线路

减压起动时，先降低加在电动机定子绕组上的电压，待起动后再将电压升高到额定值，使之在正常电压下运行。由于电枢电流和电压成正比，所以降低电压可以减小起动电流，这样不致在电路中产生过大的电压降，减少对线路电压的影响。

三相笼型异步电动机常用的减压起动方法有：定子串电阻（或电抗器）减压起动、星-三角（Y-△）减压起动、自耦变压器减压起动及延边三角形减压起动。

（1）Y-△减压起动控制电路

在正常运行时，电动机定子绕组连成三角形，起动时联结成星形，起动即将完毕再恢复成三角形。这种减压起动方法简单、经济，可用在操作较频繁的场合，但其起动转矩只有全压起动时的 1/3，适用于空载或轻载场合。

图 2-16 是用于 13kW 以下电动机的起动电路。图 2-17 是用于 13kW 以上电动机的起动电路。

下面分别对这两种起动电路进行介绍。

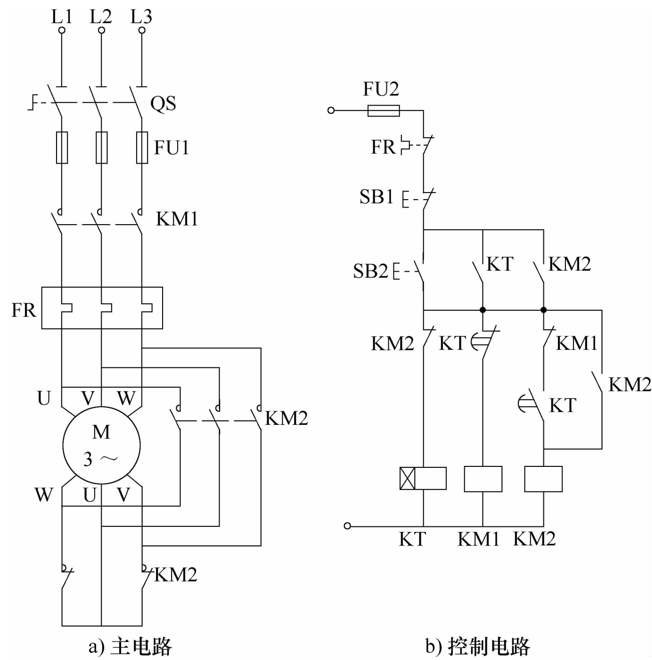


图 2-16　13kW 以下电动机的起动电路

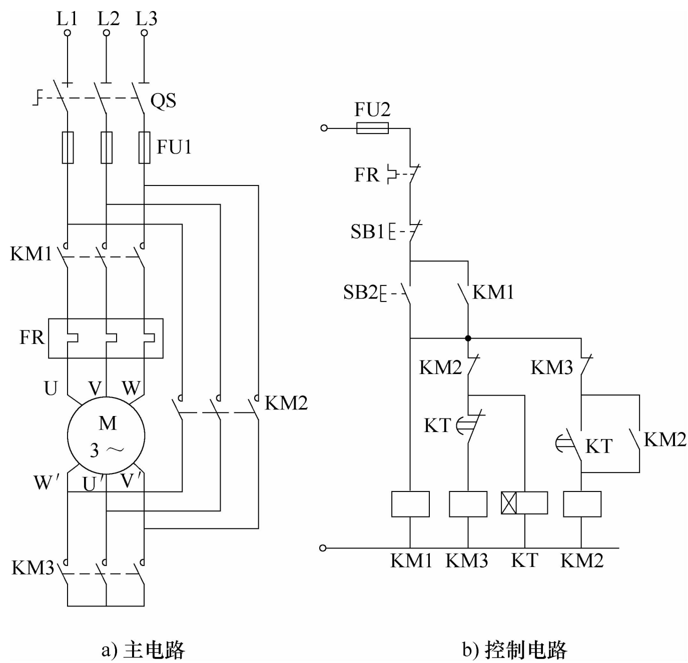


图 2-17　用于 13kW 以上电动机的起动电路

图 2-16 中，按下起动按钮 SB2，KM1、KT 线圈同时通电吸合并自锁，KM1 主触点闭合接入电源，电动机接为星形，减压起动。当时间继电器 KT 动作，KM1 线圈断电释放，切断电动机电源；KT 上延时闭合的常开触点闭合，使 KM2 线圈通电并自锁，KM2 的主触点将电动机定子接为三角形，常闭触点 KM2 断开，使 KT 断电，KM1 线圈重新通电吸合，电动机三角形运行。

图 2-17 中，按下 SB2，KM1、KT、KM3 线圈同时通电吸合自锁，星形减压起动，当 KT 动作，KM3 线圈断电释放，KM2 线圈通电吸合，电动机三角形联结，进入正常运行。

使用Y-△减压起动控制电路时应注意以下两点：

1）起动时定子绕组Y联结，正常运行时定子绕组△联结。

2）为方便接线，定子绕组的抽头排列顺序已对调。

3）起动转矩小，仅为额定值的 1/3；转矩特性差（起动转矩下降为原来的 1/3）。

（2）定子串电阻减压起动控制电路

图 2-18 是定子串电阻减压起动控制电路。电动机起动时在三相定子电路中串接电阻可降低绕组电压，起动后再将电阻短路掉，电动机即可在全压下运行。这种起动方式由于不受电动机接线方式的限制，设备简单，因而得到广泛应用。机床中常用这种串接电阻的方法限制点动调整时的起动电流。

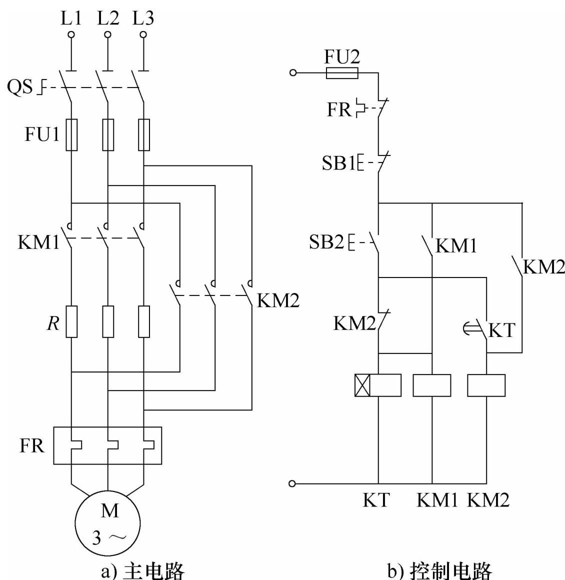


图 2-18　定子串电阻减压起动控制电路

合上电源开关 QS，接入三相电源，按下 SB2，KM1、KT 线圈得电吸合并自锁，电动机串电阻 *R* 减压起动，当电动机转速接近额定值时，时间继电器 KT 动作，其延时闭合的常开触点闭合，KM2 线圈得电并自锁。KM2 主触点短接电阻 *R*，KM2 的常闭触点断开，使 KM1、KT 线圈断电释放，电动机经 KM2 主触点在全压下进入稳定正常运转。

（3）自耦变压器减压起动控制电路

电动机自耦变压器减压起动是将自耦变压器一次侧接到电网上，起动时定子绕组接在自耦变压器二次侧上。这样，起动时电动机获得的电压为自耦变压器的二次电压。待电动机转速接近电动机额定转速时，再将电动机定子绕组接在电网上，使电动机在额定电压下正常运转。这种减压起动适用于较大容量电动机的空载和轻载起动。起动转矩可以通过改变不同抽头来获得。自耦变压器减压起动控制电路如图 2-19 所示。

图 2-19 所示电路中，按下 SB2，KM1、KT 线圈同时得电并自锁，KM1 主触点闭合，电动机定子绕组经自耦变压器二次侧供电开始减压起动。当 KT 动作，使接触器 KM1 线圈断电，KM1 主触点断开，将自耦变压器从电网上切除；同时使接触器 KM2 线圈得电，电动机直接接到电网上，全压运行。

自耦变压器减压起动的特点是起动转矩大（60%、80% 抽头），损耗低，但设备庞大成

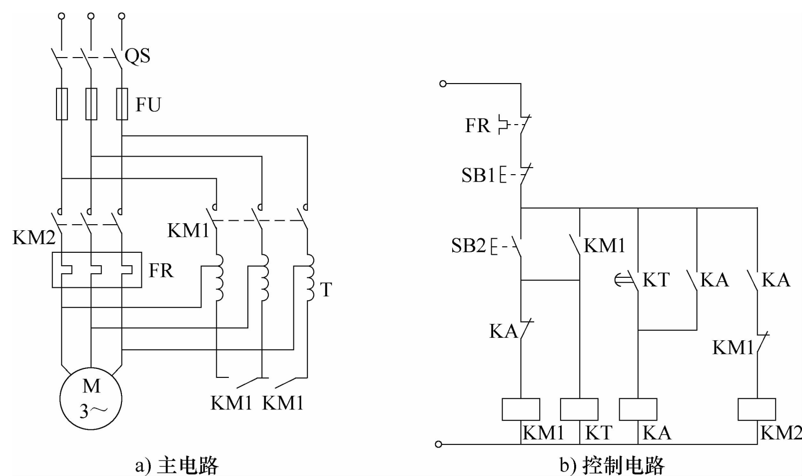


图 2-19　自耦变压器减压起动控制电路

本高。起动过程中会出现二次涌流冲击，适用于不频繁起动、容量在 30kW 以下的设备中。

笼型异步电动机起动方法比较见表 2-1。

表 2-1　笼型异步电动机起动方法比较

起动方法	适 用 范 围	特　　点
直接	电动机容量小于 10kW	不需起动设备，但起动电流大
定子串电阻	电动机容量大于 10kW，起动次数不太多的场合	线路简单、价格低、电阻消耗功率大，起动转矩小
Y-△起动	额定电压为 380V，正常工作时为△联结的电动机，轻载或空载起动	起动电流和起动转矩为正常工作时的 1/3
串自耦变压器	电动机容量较大，要求限制对电网的冲击电流	起动转矩大，设备投入较高

（4）三相绕线转子异步电动机的起动控制

三相绕线转子异步电动机调速、起动性能好，其转子绕组可通过铜环经电刷与外电路电阻相接，以减小起动电流，提高转子电路功率因数和起动转矩，故适用于重载起动场合，如不可逆轧机、起重运输机、高炉料车卷扬等。

按绕线转子起动过程中串接装置不同分串电阻起动和串频敏变阻器起动电路，转子串电阻起动又分为按时间原则和电流原则控制两种。下面仅介绍按时间原则控制转子串电阻起动电路。图 2-20 为按时间原则控制转子串电阻起动电路。

电路分析：按下 SB2，KM1、KT1 线圈得电，电动机转子接入三段电阻起动；当 KT1 延时到，KM2 得电，短接电阻 R1，KT2 得电；当 KT2 延时到，KM3 得电，短接电阻 R2，KT3 得电；KT3 延时到，KM4 得电，短接电阻 R3，电动机起动过程结束。

以上介绍了星－三角（Y-△）减压起动、定子串电阻（或电抗器）减压起动、自耦变压器减压起动，随着电力电子技术、计算机技术的发展，已经生产出各种性能优越的软起动器，能按要求平滑起动，彻底地解决了起动电流冲击问题，不过价钱稍高。

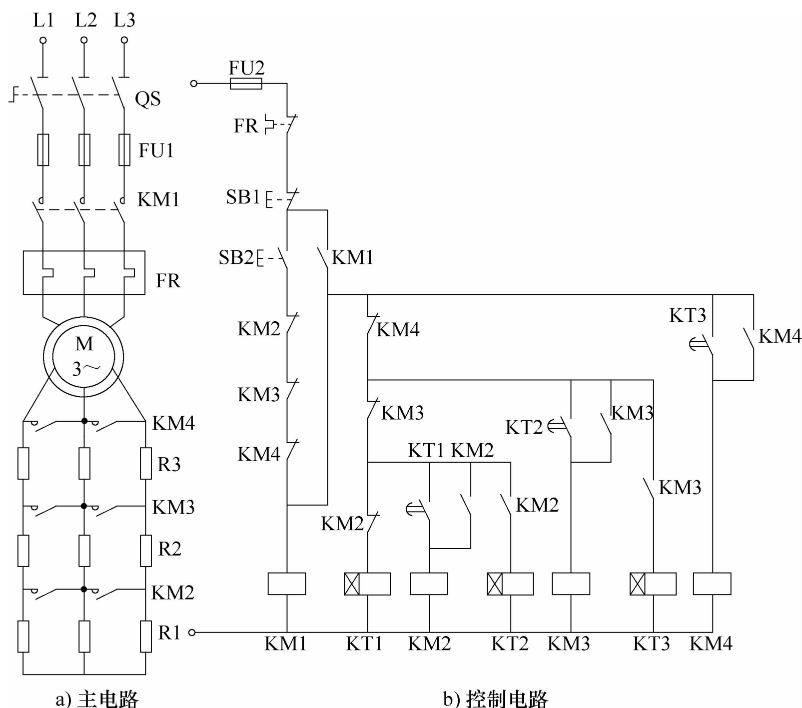


图 2-20　按时间原则控制转子串电阻起动电路

2.4　三相异步电动机的制动控制

三相异步电动机从切除电源到完全停止旋转，由于惯性，总要经过一段时间。这不能适应某些生产机械工艺的要求，如万能铣床、卧式镗床、组合机床等。无论是从提高生产效率，还是从安全及准确定位等方面考虑，都要求能迅速停车，因此要求对电动机进行制动控制。制动方法有两大类：机械制动和电气制动。机械制动是利用电磁抱闸等机械装置来强迫电动机迅速停车；电气制动是使电动机工作在制动状态，使电动机的电磁转矩方向与电动机的旋转方向相反，从而起到制动作用。机械制动比较简单，下面着重介绍电气制动控制电路，电气制动控制电路包括反接制动和能耗制动。

1. 反接制动控制电路

反接制动有两种情况：一种是倒拉反接制动，如起重机下放重物的情况；另一种是电源反接制动，这里讨论第二种情况。由于反接制动时，转子与旋转磁场的相对速度接近于两倍的同步转速，所以定子绕组中流过的反接制动电流相当于全电压直接起动时电流的两倍。因此反接制动特点之一是制动迅速，效果好，但冲击大，通常仅适用于 10kW 以下的小容量电动机。

使用电源反接制动方法的注意事项如下：

1）为防止转子降速后反向起动，当转速接近于零时应迅速切断电源。

2）转子与突然反向的旋转磁场的相对速度接近于两倍的同步转速，为了减小冲击电

流，通常在电动机主电路中串接电阻来限制反接制动电流。

（1）电动机单向运转的反接制动控制电路

图 2-21 为电动机单向运转的反接制动控制电路。

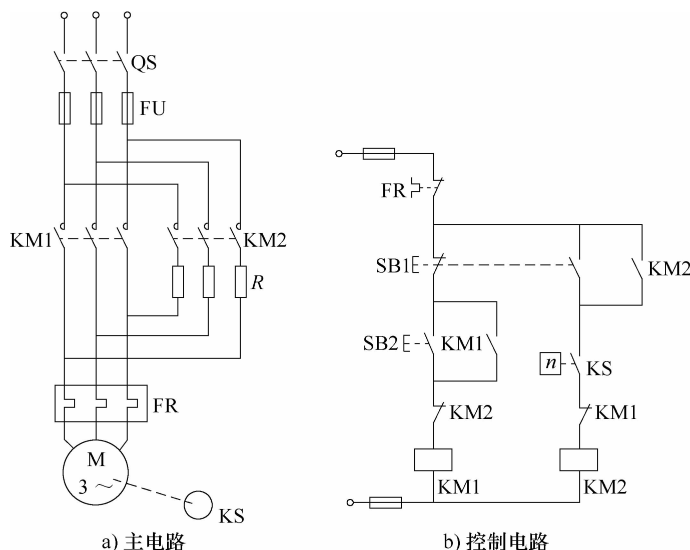


图 2-21　电动机单向运转的反接制动控制电路

图 2-21 中，按下 SB2，KM1 得电，全压起动。在电动机正常运转时，速度继电器 KS 的常开触点闭合，为反接制动做好准备。停车时，按下停止按钮 SB1，KM1 断电，由于惯性，电动机的转速还很高，KS 依然动作，因 SB1 按下，KM2 得电，电动机反接制动，转速迅速下降，当速度继电器恢复，KM2 断电，电动机断电，反接制动结束。

电路说明如下：

1）反接制动时，当电动机的转速接近于零时应及时切断电源，否则电动机将反转。此控制要求可由速度继电器实现。

2）反接制动的电流（制动冲击力）较大，在主电路中串入限流电阻 R。10kW 以上电动机的定子电路中串入对称电阻或不对称电阻，称为制动电阻，以限制制动电流和减少制动冲击力。

3）注意速度继电器触点的方向。

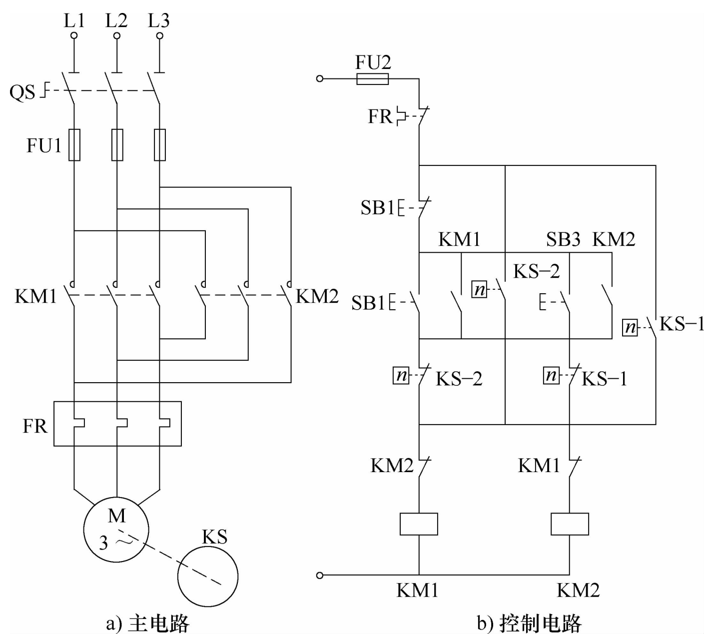
（2）电动机可逆运行的反接制动控制电路

图 2-22 为电动机可逆运行的反接制动控制电路。

图中，按下正转起动 SB2，正转 KM1 得电，电动机接入正向三相交流电源运转，KS 动作，正转常闭触点 KS-1 断开，常开触点 KS-1 闭合，为 KM2 线圈的通电做准备，但不能使 KM2 线圈立即通电。

按停止按钮 SB1，KM1 断电，KM2 通电，正向反接制动。由于速度继电器的常闭触点 KS-1 已断开，KM2 线圈不自锁。当转速接近于零，正转常开触点 KS-1 断开，KM2 断电，正反接制动结束。

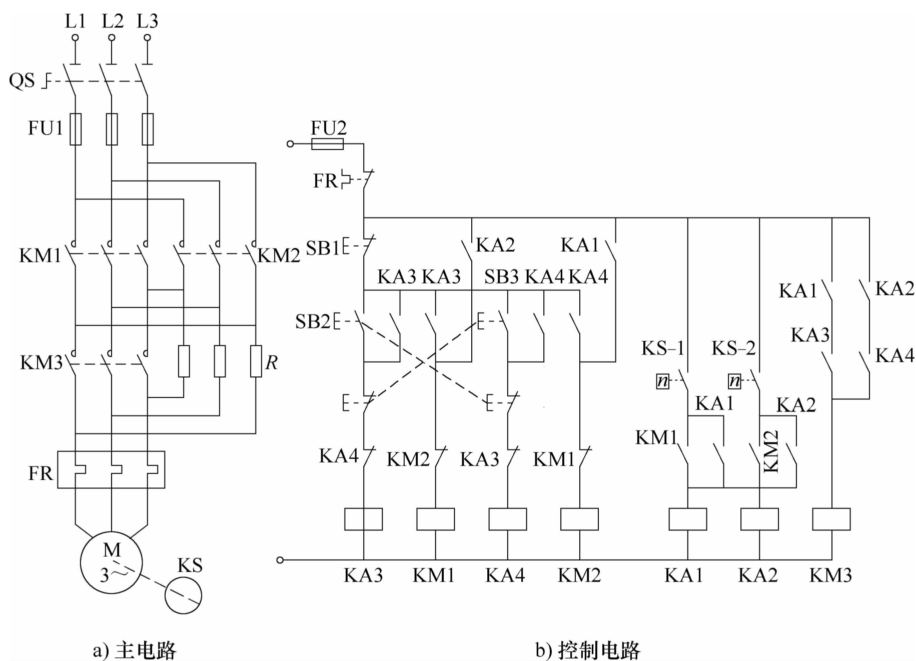
（3）具有限流电阻的可逆反接制动控制电路



a) 主电路　b) 控制电路

图 2-22　电动机可逆运行的反接制动控制电路

具有限流电阻的可逆反接制动控制电路如图 2-23 所示，该电路中电阻 R 是反接制动电阻，同时也限制起动电流。



a) 主电路　b) 控制电路

图 2-23　具有限流电阻的可逆反接制动控制电路

按下正转起动按钮 SB2，中间继电器 KA3 得电并自锁，接触器 KM1 线圈通电，KM1 的主触点闭合，定子绕组经电阻 R 接通正向三相电源，电动机定子绕组串电阻减压起动。

当电动机转速上升到一定值时，KS 的正转常开触点 KS-1 闭合，中间继电器 KA1 得电并自锁，这时 KA1、KA3 中间继电器的常开触点全部闭合，接触器 KM3 线圈得电，KM3 主触点闭合，短接电阻 R，定子绕组得到额定电压，进入正常运行。

若按下停止按钮 SB1，则 KA3、KM1、KM3 线圈断电。但此时电动机转速仍然很高，速度继电器 KS 的正转常开触点 KS-1 还处于闭合状态，中间继电器 KA1 线圈仍得电，所以接触器 KM1 常闭触点复位后，接触器 KM2 线圈得电，KM2 常开主触点闭合，使定子绕组经电阻 R 获得反向的三相交流电源，电动机进行反接制动。当转速小于 100r/min 时，KS 的正转常开触点 KS-1 复位，KA1 断电，KM2 断电，反接制动过程结束。

2. 能耗制动控制电路

原理：制动时，切除定子绕组三相电源的同时接通直流电源，产生静止磁场，使惯性转动的转子在静止磁场的作用下产生制动转矩。

特点：能耗小，需直流电源，设备费用高。

适用场合：适用于要求平稳制动、停位准确的设备（如铣床、龙门刨床及组合机床的主轴定位等）。

（1）时间原则控制的单向能耗制动控制电路

时间原则控制的单向能耗制动控制电路如图 2-24 所示。

该电路正常运行后，按下停止按钮 SB1，KM1 断电，切断电动机电源，同时 KT 得电，KM2 得电并自锁，直流电源接入定子绕组，进行能耗制动。

当时间继电器延时断开常闭触点 KT 断开时，KM2 断电，直流电源被切除，同时 KM2 常开辅助触点复位，时间继电器 KT 线圈断电，能耗制动结束。

（2）速度原则控制的单向能耗制动控制电路

速度原则控制的单向能耗制动控制电路如图 2-25 所示。

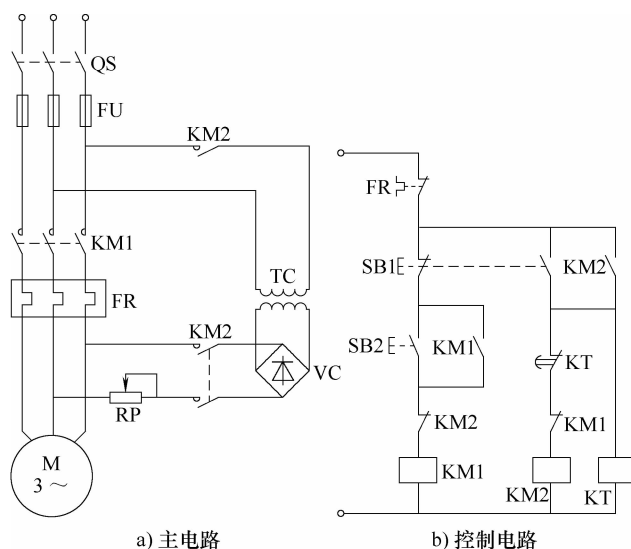


图 2-24　时间原则控制的单向能耗制动控制电路

该电路与时间原则控制电路基本相同，控制电路中取消了时间继电器 KT，而加装了速度继电器 KS，用 KS 的常开触点代替 KT 延时断开的常闭触点。

制动时，按下停止 SB1，KM1 断电，断开三相电源。此时速度仍然很高，KS 的常开触点仍然闭合，KM2 能够依靠 SB1 按钮的按下通电，定子绕组通入直流电，能耗制动。当电动机速度接近零时，KS 常开触点复位，KM2 断电，能耗制动结束。

（3）电动机可逆运行能耗制动控制电路

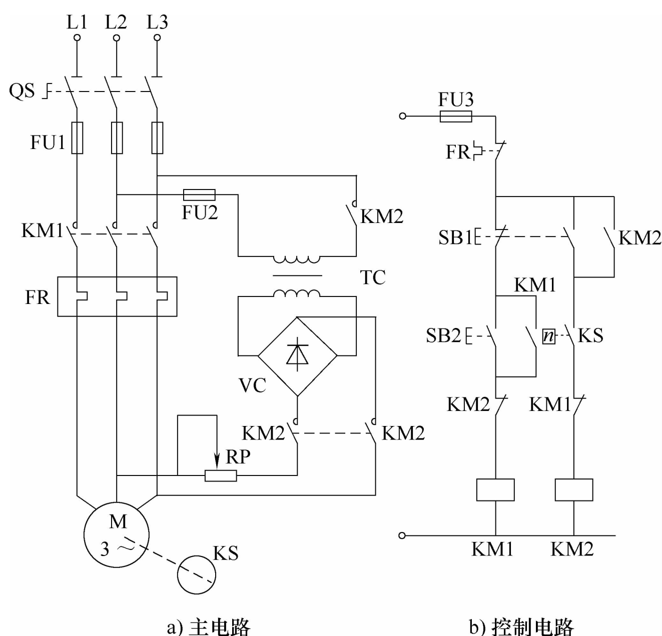


图 2-25　速度原则控制的单向能耗制动控制电路

图 2-26 为电动机可逆运行能耗制动控制电路。

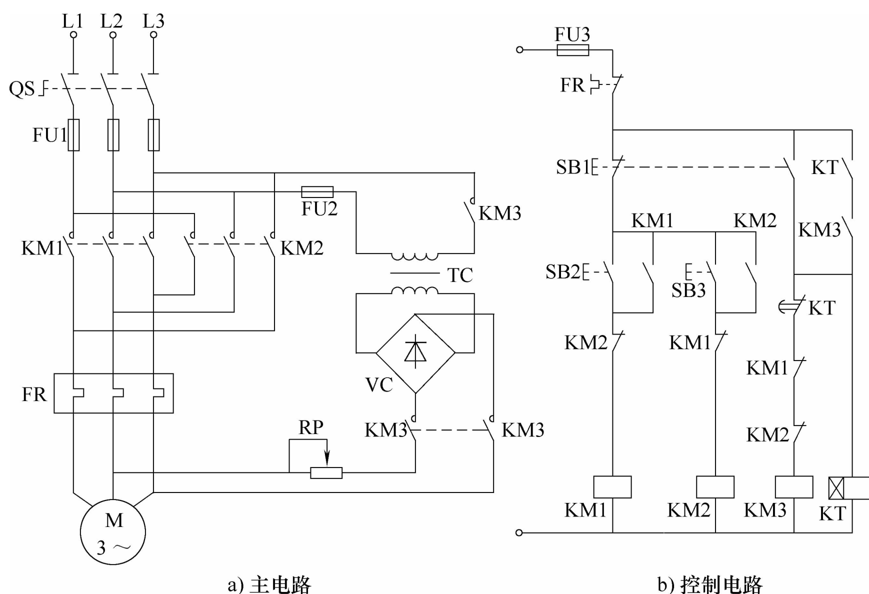


图 2-26　电动机可逆运行能耗制动控制电路

正常正向运转中，按下停止按钮 SB1，KM1 断电，KM3 和 KT 得电并自锁，KM3 常开主触点闭合，直流电源加到定子绕组，电动机进行正向能耗制动。当转速接近零时，时间继电器延时断开的常闭触点 KT 断开 KM3 线圈电源。KM3 主触点断开直流电源，KM3 常开辅助

触点复位，KT 断电，正向能耗制动结束。

异步电动机能耗制动与反接制动的比较见表 2-2。

表 2-2　异步电动机能耗制动与反接制动的比较

制动方法	适用范围	特　点
能耗制动	要求平稳准确制动场合	制动准确度高，需直流电源，设备投入费用高
反接制动	制动要求迅速，系统惯性大，制动不频繁的场合	设备简单，制动迅速，准确性差，制动冲击力强

与反接制动相比，能耗制动具有消耗能量少、制动电流小等优点，但需要直流电源，控制电路复杂。通常能耗制动适用于电动机容量较大和起制动频繁的场合，反接制动适用于容量小而制动要求迅速的场合。

2.5　三相异步电动机的调速控制

由三相异步电动机转速公式 $n = n_0\ (1-s)\ = \dfrac{60f}{p}\ (1-s)$ 可知，三相异步电动机调速方法有三种：变频调速、变极对数调速和变转差率调速。其中变极对数调速一般仅适用于笼型异步电动机，变转差率调速可通过调定子电压、改变转子电路中的电阻以及采用串级调速、电磁转差离合器调速等来实现。变频调速是现代电力传动的一个主要发展方向，在工业自动控制中获得了广泛的使用。本节将仅介绍笼型异步电动机变极调速的基本控制电路。

变极调速电动机（多速电动机）在机床中有较多应用，它是通过改变定子绕组的磁极对数来实现调速的。多速电动机一般有双速、三速、四速之分，双速电动机定子装有一套绕组，二三速、四速电动机则有两套绕组。双速电动机三相绕组有两种联结：三角形（四极、低速）与双星形（二极、高速）联结、星形（四极、低速）与双星形（二极、高速）联结。其中三角形（四极、低速）与双星形（二极、高速）联结属于恒功率调速，适用于金属切削机床。星形（四极、低速）与双星形（二极、高速）联结属于恒转矩调速，适用于起重机、电梯、传动带运输机。图 2-27 为三角形与双星形联结，图 2-28 为星形与双星形联结。

双速电动机变极调速控制电路如图 2-29 所示。

图 2-29 中，按下低速起按钮 SB2，低速接触器 KM1 得电，KM1 主触点闭合，电动机定子绕组接为三角形，电动机低速运转。按下高速起按钮 SB3，低速 KM1 断电，高速接触器 KM2 和 KM3 线圈得电电动机定子绕组连成双星形，电动机高速运转。

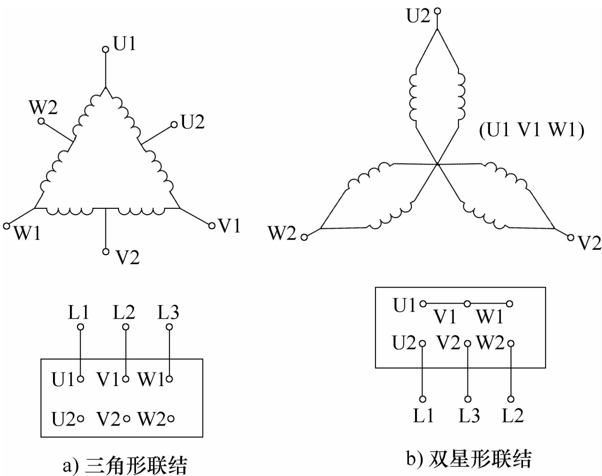


图 2-27　三角形与双星形联结

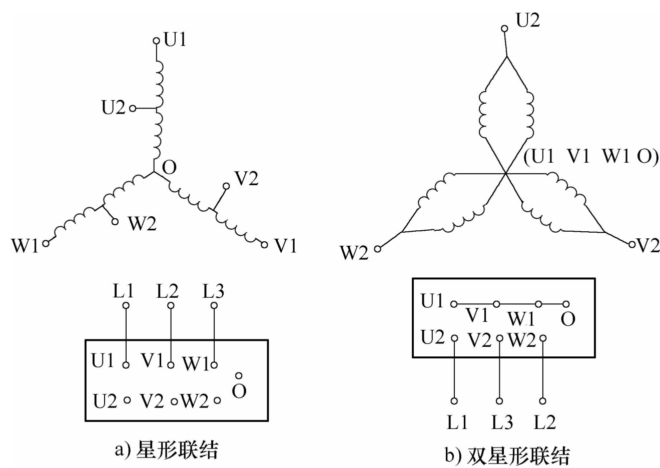


图 2-28 星形与双星形联结

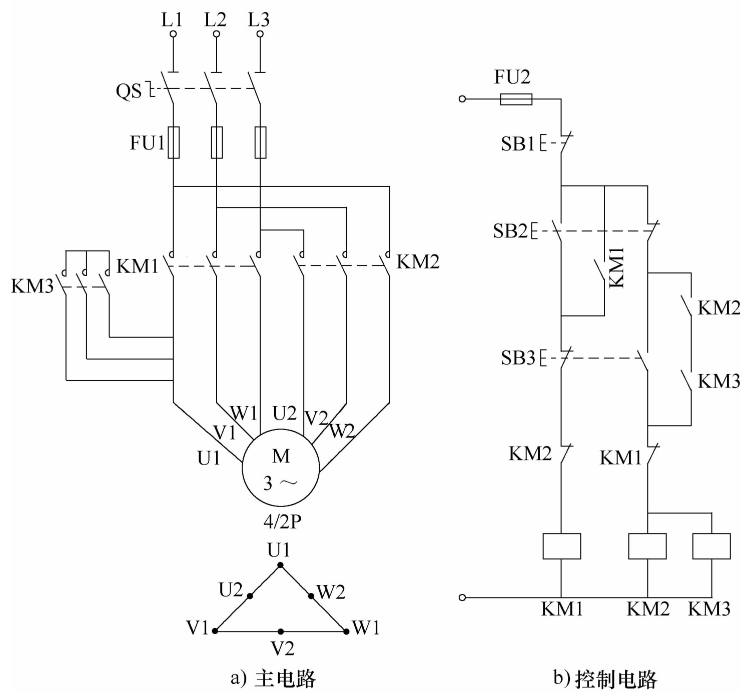


图 2-29 双速电动机变极调速控制电路

2.6 电气控制系统的保护环节

保护环节是所有电气设备不可缺少的组成部分，利用它可以保护电动机、电网、电气控

制设备以及人身安全等。常用的保护环节有过载保护、短路保护、零电压和欠电压保护以及直流电动机的弱磁保护等。

1. 短路保护

短路电流引起电气设备绝缘损坏和产生强大的电动力使电器设备损坏。因此在产生短路现象时，必须迅速地将电源切断。常用的短路保护器件有熔断器和低压断路器。

2. 过载保护

电动机长期超载运行，电动机绕组温升超过其允许值，电动机的绝缘材料就要变脆，寿命减少，严重时使电动机损坏。过载电流越大，达到允许温升的时间就越短。常用的过载保护元件是热继电器和断路器的热脱扣器。

3. 过电流保护

过电流保护广泛用于直流电动机或绕线转子异步电动机，对于三相笼型电动机，由于其短时过电流不会产生严重后果，故不采用过电流保护而采用短路保护。过电流往往是由于不正确的起动和过大的负载转矩引起的，一般比短路电流要小。过电流保护常用过电流继电器来实现。

4. 零电压保护

为了防止电压恢复时电动机自行起动的保护叫零电压保护。在许多机床中不是用控制开关操作，而是用按钮操作，从而起到零电压保护的效果。

5. 欠电压保护

在电源电压降到一定允许值以下时将电源切断，这就是欠电压保护。一般常用电磁式电压继电器实现欠电压保护。

6. 弱励磁保护

直流电动机在磁场有一定强度下才能起动，若磁场太弱，则电动机起动电流会很大。直流电动机轻载运行时磁场突然减弱或消失，电动机转速就会迅速升高，甚至发生飞车。因此需要采取弱励磁保护。弱励磁保护是通过电动机励磁回路串入弱磁继电器（电流继电器）来实现的。

2.7　电气控制电路的分析基础

在现代生产机械设备中，电气控制系统是重要的组成部分，本节将通过分析典型生产机械 C616 型车床的电气控制线路，进一步介绍电气控制电路的组成以及各种基本控制电路在具体系统中的应用。同时掌握分析电气控制电路的方法，从中找出规律，逐步提高阅读电气控制线路图的能力。

1. 电气控制电路分析的内容

电气控制电路分析的内容有以下几个方面：

（1）设备说明书

设备说明书由机械（包括液压）与电气两部分组成。

1）设备的构造，主要技术指标，机械、液压气动部分的工作原理及主要性能指标、规格和运动要求等。

2）电气传动方式，电动机、执行电器等数目、规格型号、安装位置、用途及控制

要求。

3）设备的使用方法，各操作手柄、开关、旋钮、指示装置的布置以及在控制电路中的作用。

4）弄清楚与机械、液压部分直接关联的电器（行程开关、电磁阀、电磁离合器和传感器等）的位置、工作状态及与机械、液压部分的关系，在控制中的作用等。

（2）电气控制原理图

这是电路分析的主要内容。电气控制系统的原理图有主电路、控制电路、指示照明电路、保护及联锁环节以及特殊控制电路等部分组成。

在分析具体电路图时，必须与阅读其他技术资料结合起来。例如，各种电动机及执行元件的控制方式、位置及作用，各种与机械有关的位置开关、主令电器的状态等，只有通过阅读说明书才能了解。

2. 电路图阅读分析的方法与步骤

分析控制电路的最基本的方法是“查线读图”法。电气原理图的分析方法与步骤如下：

（1）分析主电路

无论线路设计还是线路分析都应从主电路入手，而主电路的作用是保证整机拖动要求的实现。从主电路的构成可分析出电动机或执行电路的类型、工作方式、起动、转向、调速和制动等基本控制要求。

（2）分析控制电路

主电路的控制要求是由控制电路来实现的，运用“化整为零”、“顺藤摸瓜”的原则，将控制电路按功能不同划分成若干个局部控制电路，从电源和主令信号开始，经过逻辑判断，写出控制过程。如果控制电路较复杂，则可先排除照明、显示等与控制关系不密切的电路，以便集中精力进行分析。

（3）分析辅助电路

辅助电路包括执行元件的工作状态显示、电源显示、参数测定、照明和故障警报等部分。辅助电路中很多部分是由控制电路中的元件来控制的，所以，在分析辅助电路时，还要对照控制电路进行分析。

（4）分析联锁与保护环节

生产机械对安全性和可靠性有很高的要求。实现这些要求，除了合理地选择拖动、控制方案以外，在控制电路中还应设置一系列电气保护装置和必要的电气联锁，在电气控制原理图的分析过程中，电气联锁与电气保护环节是一个重要内容，不能遗漏。

（5）分析特殊控制环节

在某些控制电路中，还设置了一些与主电路、控制电路关系不密切，且相对独立的某些特殊环节，如产品计数装置、自动检测系统、晶闸管触发电路和自动调温装置等。这些部分往往自成一个小系统，其读图和分析方法可参照上述分析过程，灵活运用所学过的电子技术、变流技术、自控系统、检测与转换等知识逐一分析。

（6）总体检查

经过“化整为零”，逐步分析了每一局部电路的工作原理以及各部分之间的控制关系之后，还必须用“集零为整”的方法，检查整个控制电路，看是否有遗漏。特别要从整体角度去进一步检查和理解各控制环节之间的联系，以达到清楚地理解原理图中每一个电气元器

件的作用、工作过程及主要参数。

3. 卧式车床的电气控制电路分析

车床是一种应用极为广泛的金属切削机床，主要用于车削外圆、内孔、端面、螺纹定型表面和回转体的端面等，并可装上钻头、绞刀等刀具进行孔的加工。根据其结构和用途不同车床分成卧式车床、立式车床、六角车床、仿形车床等。

（1）卧式车床的主要结构及运动形式

卧式车床的主要结构如图 2-30 所示，为了加工各种旋转表面，车床必须具有切削运动和辅助运动。切削运动包括主运动和进给运动，除此之外的所有运动均称为辅助运动。主运动是主轴通过卡盘或顶尖带动工件做旋转运动，它消耗绝大部分能量。进给运动是溜板带动刀架的纵向和横向的直线运动，其运动方式有手动和自动两种。辅助运动是指刀架的快速移动及工件的夹紧与放松。

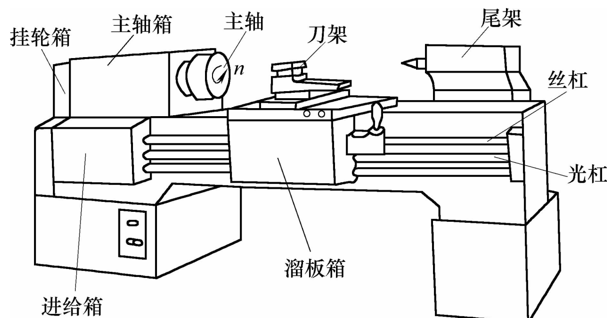


图 2-30　卧式车床的主要结构

对卧式车床的主运动和进给运动可做如下总结：

1）主运动：工件的旋转。

主轴电动机⟶主轴箱⟶三爪卡盘⟶工件

2）进给运动：刀架的纵向与横向直线运动。

主轴箱⟶挂轮箱⟶进给箱⟶光杠/丝杠⟶溜板箱⟶刀具。

（2）电力拖动及控制要求（中、小型车床）

1）中、小型车床的电动机容量较小，在电网容量满足要求的情况下，一般采用直接起动。

2）车削加工的调速范围较大，故车床的主轴采用齿轮变速，主轴电动机无需变速控制。

3）车削螺纹时为避免乱扣现象要求主轴能反转退刀，因此要求主轴电动机能实现正、反转。

4）加工螺纹时，进给运动与主运动之间必须保持准确的比例关系，因此主运动和进给运动由同一台电动机（主轴电动机）拖动。

5）加工过程中为防止刀具和工件的温度过高，需要附有冷却泵电动机。冷却泵电动机只需单向旋转，手动控制。

（3）C616 型卧式车床的电气控制电路分析

C616 型卧式车床的电路如图 2-31 所示。

1）主电路分析。该车床有三台电动机，M1 为主电动机，M2 为润滑泵电动机，M3 为冷却泵电动机。三相交流电源通过开关 QS 引入，FU1、FR1 分别实现主电动机的短路保护和过载保护。KM1、KM2 为主电动机 M1 的正转和反转接触器。KM3 为电动机 M2 的起动、停止接触器。SA1 为电动机 M3 的接通和断开用组合开关，FR2、FR3 进行电动机的过载

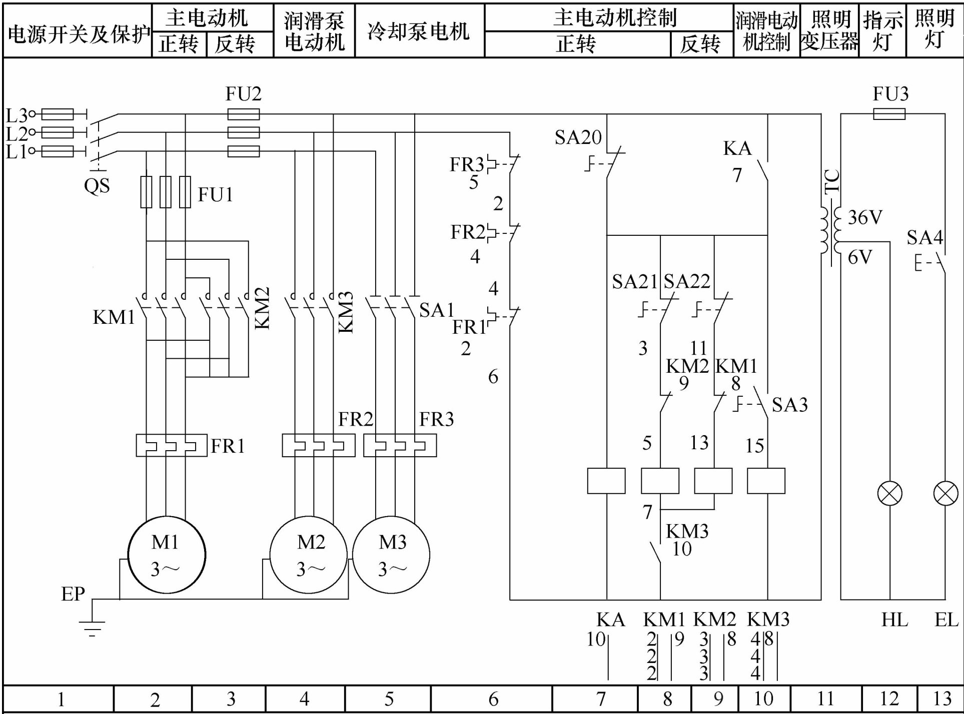


图 2-31 卧式车床控制电路图

保护。

2）控制、照明和显示电路分析。合上开关 QS 后，三相交流电源被引入。当 SA2 的操纵手柄处在零位时，合上转换开关 SA3，则接触器 KM3 通电吸合，润滑泵电动机 M2 起动。KM3 的辅助常开触点闭合为主电动机 M1 起动做好准备，电动机 M2 与 M1 之间有顺序起动联锁。操纵控制开关 SA2，可以控制主电动机正/反转。当开关 SA2 在零位时，SA20 接通，SA21、SA22 断开，这时中间继电器 KA 通电吸合并自锁。当将操纵手柄扳到向下位置时，SA21 接通，SA20、SA22 断开，正转接触器 KM1 通电吸合，主电动机 M1 正转起动。若将操纵手柄扳到向上位置时，SA22 接通，SA20、SA21 断开，反转接触器 KM2 通电，M1 反转起动。当手柄扳回零位时，SA21、SA22 断开，接触器 KM1 或 KM2 线圈断电，电动机 M1 自由停车。有经验的操作工人在停车时，将手柄瞬时扳向相反转向的位置，电动机 M1 进入反接制动状态，待主轴接近停止时，将手柄迅速扳回零位，可以大大缩短停车时间。

中间继电器 KA 起零电压保护作用。在线路中，当电源电压降低或消失时，中间继电器 KA 释放，KA 的常开触点断开；接触器 KM3 释放，KM3 的常开触点断开；KM1 或 KM2 也断电释放。当电网电压恢复后，因为这时 SA2 开关不在零位，KM3 不会得电吸合，所以 KM1 或 KM2 也不会得电吸合。即使这时手柄在零位，由于 SA21、SA22 触点断开，KM1 或 KM2 也不会得电造成自起动，这就是中间继电器 KA 的零电压保护作用。

照明电器的电源由照明变压器 TC 二次侧输出 36V 电压供电，SA4 为照明灯接通或断开的按键开关。

第 3 章　MicroLogix1200/1500 可编程序控制器

3.1　罗克韦尔自动化公司简介

罗克韦尔自动化有限公司成立于 1903 年，目前是全球最大的致力于工业自动化与信息的公司，其总部位于美国威斯康星州密尔沃基市，现在 80 多个国家设有分支机构，拥有雇员约 19 000 人，以 Allen-Bradley 作为公司的战略品牌。

在中国，罗克韦尔自动化公司拥有超过 1800 多名雇员，35 个销售机构和 5 个培训中心（包括香港、台湾地区），拥有在深圳、上海和北京的 OEM 应用开发中心，香港、上海及台湾物流中心，上海再制造维修中心，位于上海的两个生产工厂，上海全球研发中心，大连软件开发中心。罗克韦尔自动化公司与中国 20 个省市的 50 多所大学建立自动化实验室及大学合作奖学金项目，每年培训超过 6000 名学生。

同时，公司在中国拥有 15 家授权分销商，69 家认可的系统集成商，30 多家 Encompass 战略合作伙伴和全球战略联盟，共同为制造业企业提供广泛的世界一流的产品、解决方案与服务支持。

罗克韦尔自动化集成架构可为使用者提供一个完全集成的可扩展解决方案。通过统一的控制平台实现了全面的自动化控制，包括离散控制、运动控制、过程控制、批处理控制、驱动控制和安全控制。

LISTEN（倾听）、THINK（倾心）、SOLVE（倾力）是罗克韦尔自动化公司对待客户的理念。

3.2　MicroLogix1200/1500 可编程序控制器

MicroLogix 作为罗克韦尔自动化的小型可编程序控制器，主要应用在以下行业中：原材料处理、包装行业、一般工业设备、印刷、食品和饮料、制药领域、废水处理、离合器/刹车的控制和位置控制。

1. MicroLogix1200 控制器的分类

MicroLogix1200 控制器的 I/O 点数分为 24 点和 40 点两种，与计算机的连接采用 1761-CBL 或 2707-NC 系列电缆。处理器分为 A、B、C 三个系列，仅有 C 系列的处理器支持浮点数运算。

控制器操作系统的固件版本 FRN 可通过下载新的固件程序进行升级。存储器容量为 6KB（4KB 用户程序和 2KB 用户数据），支持最多 6 个 1762 系列扩展模块（模拟量扩展模块受到电源功率的限制将小于 6 个），拥有 1 个可组态的 20kHz 高速脉冲输出通道。输入通道具有滤波功能，滤波时间可组态为 25μs ~ 16ms（底座为 AWA 系列的控制器除外）。

表 3-1 中列出了 MicroLogix1200 控制器的基本分类。

表 3-1 MicroLogix1200 控制器电源及内置 I/O

目录号	描述		
	控制器电源	输入端	输出端
1762-L24AWA（R）①	AC 120/240V	14 点 AC 120V	10 点继电器
1762-L24BWA（R）	AC 120/240V	10 点 DC 24V 4 点快速 DC 24V	10 点继电器
1762-L24BXB（R）	DC 24V	10 点 DC 24V 4 点快速 DC 24V	5 点继电器，4 点 DC 24V 晶体管， 1 点高速 DC 24V 晶体管
1762-L40AWA（R）	AC 120/240V	24 点 AC 120V	16 点继电器
1762-L40BWA（R）	AC 120/240V	20 点 DC 24V 4 点快速 DC 24V	16 点继电器
1762-L40BXB（R）	DC 24V	20 点 DC 24V 4 点快速 DC 24V	8 点继电器，7 点 DC 24V 晶体管， 1 点高速 DC 24V 晶体管

① 1762-LxxxxxR 控制器提供附加通信口，称作编程/HMI 端口。此端口只支持 DF1 全双工协议。控制器不能通过此端口初始化消息，它只能响应发送给控制器的消息，所有通信参数都是固定的，用户不能修改。

2. MicroLogix1500 控制器的分类

MicroLogix1500 控制器的 I/O 点数分为 24 点和 28 点两种，其控制器由处理器和基座两部分组成，基座分为 3 个型号：1764-24AWA，1764-24BWA，1764-28BXB（I/O Configuration 中，双击 0 通道 Bul. 1764，在 Embedded General Configuration 中的 Base/Type 中选择，默认值是 Discrete Base）；处理器分为 LSP（存储器容量为 8KB）和 LRP（存储器容量为 12KB）两种，处理器分 A、B、C 三个系列（仅有 C 系列的处理器支持浮点数运算）。MicroLogix1500 控制器的基本分类见表 3-2。

表 3-2 MicroLogix1500 控制器电源及内置 I/O

目录号	控制器电源	输入端	输出端
1764-24AWA	AC 120/240V	12 点 AC 120V	12 点继电器
1764-24BWA	AC 120/240V	12 点 DC 24V，可组态 2 个高速脉冲计数器	12 点继电器
1764-28BXB	DC 24V	16 点 DC 24V，可组态 2 个高速脉冲计数器	6 点晶体管、6 点继电器， 可组态 2 个高速脉冲输出端

控制器与计算机的连接采用 1761-CBL 或 2707-NC 系列电缆，500 条指令的执行时间仅为 1.5ms。

MicroLogix1500 控制器最多扩展 8 个模块连接到基座上（如果扩展的是模拟量模块，受到基座电源功率的限制，一般少于 4 个。具体情况可参考 8.1 节的相关内容）。当使用扩展 I/O 时，必须使用终端盖（目录号 1769-ECR）。输入通道具有滤波功能，滤波时间可组态为 25μs～16ms（底座型号为 1764-24AWA 的控制器除外）。

3. MicroLogix1500 控制器的接线方式

控制器的接线分为输入和输出两部分。对于 1764-BWA、BXB 而言，输入信号分为

SINK/SOURCE（灌入/拉出）两种类型。1764-BWA 输入端接线图如图 3-1 和图 3-2 所示。

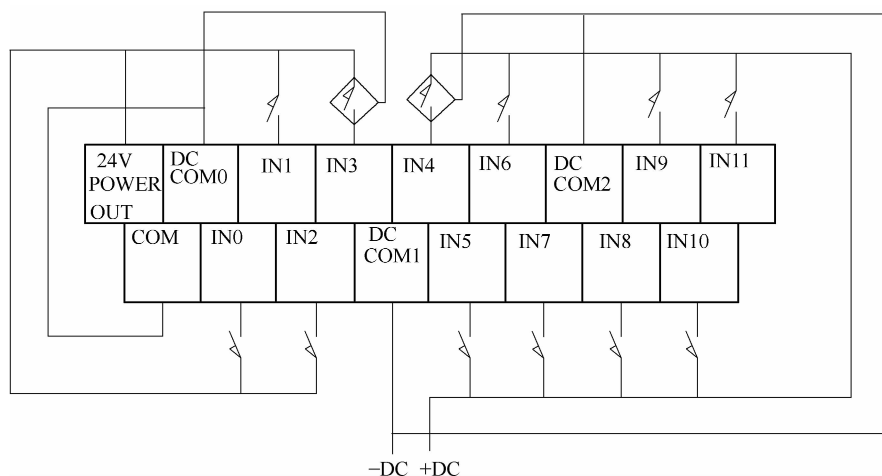


图 3-1　1764-BWA 灌入电流接线图

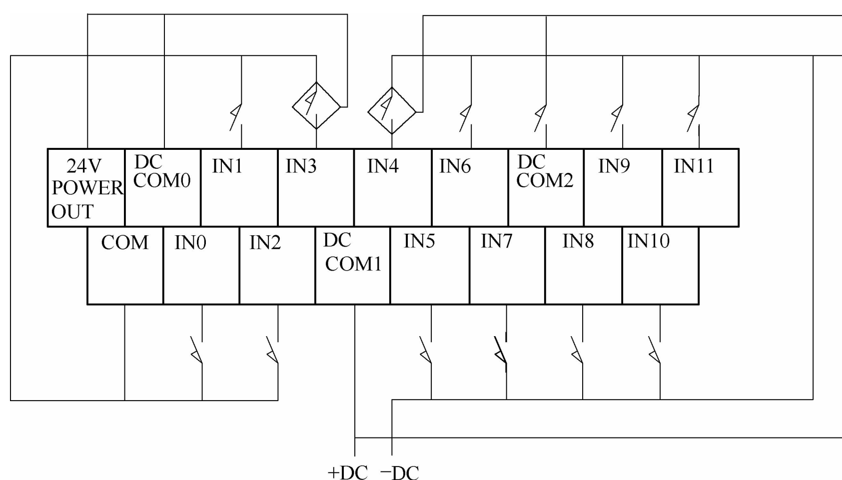


图 3-2　1764-BWA 拉出电流接线图

图中，24V POWER OUT 和 COM 端是控制器自带的直流 24V 电源，可为输入信号传感器提供电源；DC COM0、DC COM1 和 DC COM2 是输入信号的公共端；IN0 ~ IN11 是传感器信号的输入端。

1764-BWA 输出端接线图如图 3-3 所示。

输入端连接成灌入接线方式或者拉出接线方式，这取决于输入传感器信号的类型是 PNP 型的还是 NPN 型的，这样电流的流向不同，也即公共端是连接 24V 电源的负端还是 24V 电

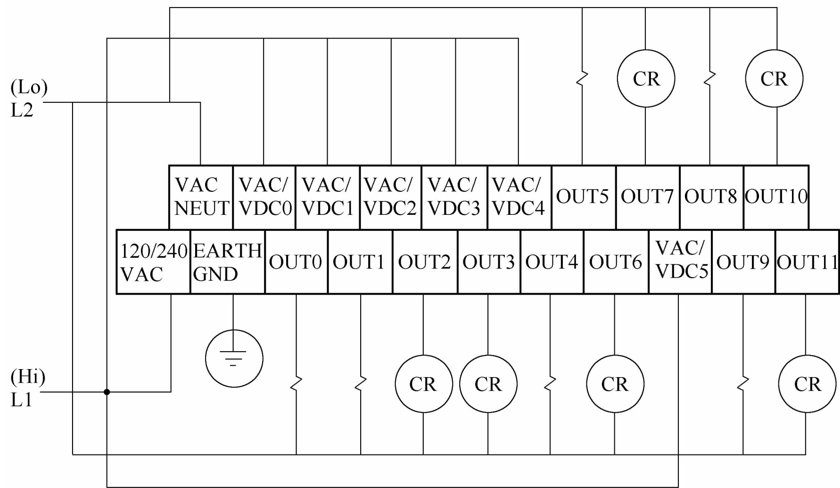


图 3-3 1764-BWA 输出端接线图

源的正端。当传感器信号为 PNP 型输出时，公共端连接 24V 电源的负端；当传感器信号为 NPN 型输出时，公共端连接 24V 电源的正端。

连接导线截面积要求为 14 ~22 号 AGW（American Wire Gauge，美国线规），其中 14 号 AGW 代表导线截面积为 2.075mm^2，正常电流值为 8.2A，最大为 9.4A；22 号 AGW 代表导线截面积为 0.3247mm^2，正常电流值为 1.280A，最大为 1.460A。对于动力线和公共线而言，其电流可能更大。

系统布线时，I/O 布线管或端子排和控制器之间的间隔至少为 50mm。正确的布线方式有助于限制由于电磁干扰而引起的噪声影响，因此，电源到控制器的接线必须单独布置，并与其他布线垂直相交。不同信号特征的布线应各走独立的路径，输入/输出布线应分开。根据信号类型不同单独布线，可将电气特性类似的导线捆绑在一起，导线可以以颜色或线上套线号的方式加以区分，以便查线时方便。

MicroLogix1500 控制器输入端子上的 VC 24D 仅可为输入装置提供电源，不可以作为输出端子的公共电源。

4. MicroLogix1500 可编程序控制器的运行模式

MicroLogix1500 控制器具有 7 种运行模式，不同的运行模式会影响到控制器的状态字 S：1/0 ~S：1/4。

1）远程编程模式：运行模式开关从 STOP 拨到 REM 时，此时程序不运行（Remote Program Mode）。

2）远程挂起模式。

3）远程运行模式：运行模式开关从 RUN 拨到 REM 时，此时程序运行（Remote Run Mode）。

4）远程连续测试模式（Remote Test Continuous Mode）。

5）远程单步测试模式（Remote Test Single Mode）。

6）编程模式：运行模式拨到 STOP 时（Program Mode）。

7）运行模式：运行模式拨到 RUN 时（Run Mode）。

5. 输出触点容量

MicroLogix1200 和 MicroLogix1500 控制器上的继电器输出通道和晶体管输出通道的触点容量值如下：

（1）MicroLogix1200 控制器

继电器输出通道触点容量如下：

1）AC 240V 时，单点容量 2.5A（40℃以上为 1.5A）；AC 120V 时，单点容量 2.5A（40℃以上为 1.5A）；DC 125V 时，单点容量 1.0A；DC 24V 时，单点容量 2.0A。

2）对于直流电压负载，每个继电器触点接通/断开电流等于功率 28W 除以电压值；如果直流电压小于 14V，则每个继电器触点接通/断开的电流不能超过 2A。

3）每组公共端电流不大于 8A。

4）最大负载容量 1440W。

5）在 150V 时，控制器最大电流 30A 或每点负载总和；在 240V 时，控制器最大电流 20A，或每点负载总和。

晶体管输出通道触点容量如下：1762-L24BXB（R）、L40BXB（R）晶体管输出单点额定电流值：55℃时为 1A，30℃时为 1.5A；总电流 55℃时为 5.5A，30℃时为 8A。

（2）MicroLogix1500 控制器

继电器输出通道触点容量如下：

1）AC 240V 时，三种型号底座的单个触点容量均为 2.5A（接通瞬间触点容量不大于 7.5A）。

2）AC 120V 时，三种型号底座的单个触点容量均为 2.5A（接通瞬间触点容量不大于 15A）。

3）DC 125V 时，三种型号底座的单个触点容量均为 1.0A。

4）DC 24V 时，三种型号底座的单个触点容量均为 2.0A。

5）当直流电压小于 14V 时，单个触点容量不大于 2.0A。

每组公共端电流不大于 8A；所有触点总容量有所不同，AC 240V 时，1764-24AWA/BWA 为 20A，1764-28BXB 为 18A；AC 150V 时，1764-24AWA/BWA 触点总容量为 24A，1764-28BXB 为 18A。

晶体管输出通道触点容量如下：1764-28BXB 晶体管输出单点额定电流值：55℃时为 1A，30℃时为 1.5A，公共端电流最大 6A。当 O/2 和 O/3 作为高速输出通道时，最大电流值为 100mA。

6. PLC 工作过程

当控制器处于运行状态时，将会按照固定的步骤以循环扫描的方式工作，除非在程序中设置了中断或跳转。

（1）输入扫描

将输入模块的当前状态读取到 CPU 的输入映像表中，以备程序扫描。当控制器进行其他扫描任务时，即使输入的状态发生变化，输入映像表中的数据也不会发生变化，直到再次

扫描输入时。扫描和读取输入数据的时间通常在几毫秒内完成。

（2）程序扫描

CPU 从第一条用户程序开始，根据输入映像表及其他数据状态来确定外部设备的控制，将控制信息发送到输出映像表。处理器执行程序指令的时间，根据指令类型和程序大小会有所不同。

（3）输出刷新

将输出映像表中的数据传送到输出模块，以控制外部设备。刷新数据的时间通常在几毫秒内完成。

（4）通信服务

与其他外部设备，如 PC 等进行通信。

（5）内务处理（Housekeeping）时间

内存管理，更新计时器和内部寄存器。若发现故障，置相关标志位。

第 4 章　MicroLogix 控制器的基本编程指令

可编程序控制器（PLC）的编程语言通常不采用微机的编程语言，而是采用梯形图、指令表、顺序功能流程图（SFC）、功能块图（FBD）和结构文本等。其中梯形图最为常用。

PLC 的梯形图在形式上沿袭了传统的继电器电气控制图，是在原继电器控制系统的基础上演变而来的一种图形语言。梯形图的控制逻辑结构及工作原理与继电器逻辑控制电路十分相似。它采用“触点”、“线圈”（或称继电器线圈）、定时器、计数器及功能指令等图形符号表达输出与输入的逻辑关系，这些输入/输出可以是硬件上实际的输入/输出信号，也可以是 PLC 内部虚拟的输入/输出信号。

这种编程语言与电路图相呼应，简单、形象、直观、易编程、容易掌握，是目前应用最广泛的 PLC 编程语言之一。梯形图编程语言的特点是：与电气操作原理图相对应，具有直观性和对应性；与原有继电器控制相一致，电气设计人员易于掌握。梯形图的编程语言与原有的继电器控制的不同点是：梯形图中的能量流不是实际意义的电流，内部的继电器也不是实际存在的继电器。应用时，需要与原有继电器控制的概念区别对待。

梯形图的设计应注意以下几点：

1）梯形图按自上而下、从左到右的顺序排列。每个继电器线圈为一个逻辑行，即一层阶梯。每一个逻辑行起于左母线，然后是触点的连接，最后终止于继电器线圈或右母线。

2）梯形图中每个梯级流过的不是物理电流，而是“概念电流”，从左流向右，其两端没有电源。这个“概念电流”只是用来形象地描述用户程序执行中应满足线圈接通的条件。

3）输入寄存器用于接收外部输入信号，而不能由 PLC 内部其他继电器的触点来驱动。因此，梯形图中只出现输入寄存器的触点，而不出现其线圈。输出寄存器则输出程序执行结果给外部输出设备，当梯形图中的输出寄存器线圈得电时，就有信号输出，但不是直接驱动输出设备，而要通过输出接口的继电器、晶体管或晶闸管才能实现。输出寄存器的触点也可供内部编程使用。

4）在每一逻辑行中，串联触点多的支路应放在上方。如果将串联触点多的支路放在下方，则语句增多，程序变长。

4.1　PLC 的存储器结构

罗克韦尔自动化公司的 MicroLogix1200/1500 系列 PLC 的存储器分为程序文件和数据文件两部分。其中，程序文件存储控制器信息、程序；数据文件存储系统输入数据、输出数据、功能指令控制参数、程序运行时的中间数据等各种各样的数据。下面对程序文件和数据文件分别进行介绍。

4.1.1 程序文件

程序文件用以存储控制器的基本信息和用户程序，用户程序包括主程序、中断程序和各个子程序。MicroLogix1200/1500 系列 PLC 有 256 个程序文件，用编号 0 ~ 255 表示。其中，文件 0 存放系统信息和用户的编程信息，如处理器型号、处理器文件名等信息；文件 1 一般予以保留；文件 2 是梯形图主程序；文件 3 ~ 255 为用户自行创建的梯形图子程序和中断程序，在文件 2 主程序中可以通过调用指令跳转到子程序，也可以通过相应中断的方法跳转到中断程序。

4.1.2 数据文件

PLC 在执行程序过程中用到的各种数据均存储在数据文件中，数据文件分为以下几种类型：输出和输入数据文件、状态文件、位文件、计时器文件、计数器文件、控制文件、整数文件和实数文件。

因为数据文件的类型比较多，为了编址方便和便于记忆，每个数据文件由一个字母和一个文件号来标志。数据文件分为系统默认和用户定义两部分。一般 0 ~ 8 号文件是系统建立的默认文件，其中输出文件（0 号文件）、输入文件（1 号文件）和状态文件（2 号文件）这三个文件是固定的，不允许重新建立。下面对各个数据文件进行详细介绍。

1. 输入和输出数据文件（I：和 O：）

输入文件存放 PLC 输入端各个输入点的状态信息，输出文件存放 PLC 输出端各个点的状态信息。例如：PLC 上的输入点“I/O”的表示方法如下：

I：0.0/0

其中 I 表示是输入文件，I 后面的第一个“0”是槽号，其范围与所使用的处理器有关，第二个“0”表示组号，用一位八进制表示（0 ~ 7），最后的“0”是端子号，用十六进制表示（0 ~ 15）。上面的文件信息表示：输入文件中第 0 槽的第 0 个字的第 0 位。

当一个槽的 I/O 点数超过 16 个时，寻址位有两种表示方法：I：0.1/2 与 I：0/18 表示的是同一个输入端点。

2. 状态文件（S2：）

状态文件允许用户监视、控制系统的工作状况。在调试程序时，可以通过设置或查看状态文件的信息帮助调试。状态文件不能被增加或删除，寻址状态文件的位和字的格式为

S：e/b　　　各位含义同 I/O 文件。

举例：

S：1/15　　元素 1，位 15。这是“首次扫描位”，用户在程序中可以使用它来初始化指令。

3. 位文件（B3：）

文件 3 是位文件，是 PLC 内部的状态位，在编程时可以记录一些位信息。位文件的最大容量是 256 个单字元素，总计为 4 096 位。可以通过指定元素号（0 ~ 255）和元素内的位编号（0 ~ 15）来寻址位，也可以通过位的顺序编号直接寻址位 0 ~ 4 095。用户也可以只寻址该文件的元素。

举例：

B3：0/14　　元素 0，位 14

B3：12　　元素 12

B3：/64 和 B3：4/0 都表示位文件中的第 64 位（即元素 4 中的位 0）。

4. 计时器（T4：）

每个计时器地址由一个 3 字元素组成，见表 4-1。

表 4-1　定时器控制字结构

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
字 0	EN	TT	DN	内部使用												
字 1	PRE（预置值）															
字 2	ACC（累计值）															

表 4-1 中，EN：使能位，TT：计时位，DN：完成位。

举例：

T4：0/13 或 T4：0/DN　　完成位

T4：0.1 或 T4：0.PRE　　预置值

T4：0.2 或 T4：0.ACC　　累计值

5. 计数器文件（C5：）

每个计数器地址由一个 3 字元素组成，见表 4-2。

表 4-2　计数器控制字结构

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
字 0	CU	CD	DN	OV	UN	UA	内部使用									
字 1	PRE（预置值）															
字 2	ACC（累计值）															

表 4-2 中，CU：加计数使能位；

CD：减计数使能位；

DN：完成位；

OV：上溢出位；

UN：下溢出位；

UA：更新累计值位（只用于固定式控制器的 HSC 指令）。

举例：

C5：0/13 或 C5：0/DN　　完成位

C5：0.1 或 C5：0.PRE　　预置值

C5：0.2 或 C5：0.ACC　　累计值

6. 控制文件（R6：）

控制文件是 3 字元素，各字含义见表 4-3。位移、顺序器指令都用到控制文件。

表 4-3　控制文件结构

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
字 0	EN	EU	DN	EM	ER	UL	IN	FD	错误代码							
字 1	位阵列或文件的长度(LEN)															
字 2	位指针或位置(POS)															

举例：

R6：2　元素 2

R6：0/15 或 R6：0/EN　使能位

R6：0/13 或 R6：0/DN　完成位

R6：0.1 或 R6：0.LEN　长度值

7. 整数文件（N7：）

整数文件是 1 字元素，可以寻址到元素和位。根据程序的需要来使用整数文件地址。整数文件的数值范围是：－32 768～32 767。

举例：

N7：2　元素 2

N7：2/8　元素 2，位 8

8. 浮点文件（F8：）

浮点文件中每个数据在存储器中占 2 个字，数据长度是 32 个位，浮点数的范围是：－3.4028E－38～3.4028E＋38。

举例：

F8：2　元素 2

4.2　位指令

罗克韦尔自动化公司的 PLC 种类较多，不同 PLC 支持的指令稍有不同，但基本指令都是相同的。基本指令是基础，初学者必须深刻理解基本指令。本节首先介绍位指令。

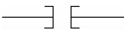
位指令用于监视或控制数据文件中位的状态，如输入位、输出位、内部标志位和计数器、计时器、控制字的状态位等，多用于开关量逻辑控制中。MicroLogix1500 控制器的位指令及其功能见表 4-4。

表 4-4　位指令及其功能

助记符	名　称	功　能
XIC	检查是否已闭合	检查某一位是否为 1(ON 状态,即导通)
XIO	检查是否已断开	检查某一位是否为 0(OFF 状态,即断开)
OTE	输出激励	梯级条件为真时,将某位置 1(ON 状态,非保持型)
OTL	输出锁存	梯级条件为真时,将某位置 1(ON 状态,保持型)
OTU	输出解锁	梯级条件为真时,将某位置 0(OFF 状态,保持型)
ONS	一次响应	梯级条件由假变为真时,使梯级条件保持为真一个扫描周期
OSR	上升沿单触发	梯级条件由假变为真时,上升沿动作,只产生一个扫描周期的正脉冲信号
OSF	下降沿单触发	梯级条件由真变为假时,下降沿动作,只产生一个扫描周期的正脉冲信号

1. 检查闭合（XIC）

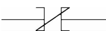
XIC 指令的梯形图符号表示为



XIC 是一条输入指令，用于检查寻址位是否为 1（ON 状态）。当指令执行时，如果该寻址位是 1（导通状态，ON），则指令被赋值为真；如果该寻址位是 0（OFF 状态），则指令被赋值为假。

2. 检查断开（XIO）

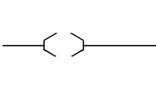
XIO 指令的梯形图符号表示为



XIO 是一条输入指令，用于检查该寻址位是否为 0（OFF 状态）。当指令执行时，如果该寻址位是 0（OFF 状态），则指令被赋值为真；如果该寻址位是 1（ON 状态），则指令被赋值为假。

3. 输出激励（OTE）

OTE 输出激励的梯形图符号表示为



OTE 是一条非保持型输出指令，OTE 指令由它前面的输入指令控制。如果 OTE 指令前面的梯级条件为真，该寻址位导通；如果 OTE 指令前面的梯级条件为假，该寻址位断开。

例如，在图 4-1 中，第一条梯形图程序表示：当 PLC 的输入点 1 为 ON 状态时，梯级条件成立，执行后面的输出指令，PLC 的输出点 1 为 ON 状态；当 PLC 的输入点 1 为 OFF 状态时，梯级条件不成立，不执行后面的输出指令，PLC 的输出点 1 为 OFF 状态；第二条梯形图程序表示：当 PLC 的输入点 2 为 ON 状态时，梯级条件不成立，不执行后面的输出指令，PLC 的输出点 2 为 OFF 状态；当 PLC 的输入点 2 为 OFF 状态时，梯级条件成立，执行后面的输出指令，PLC 的输出点 2 为 ON 状态。

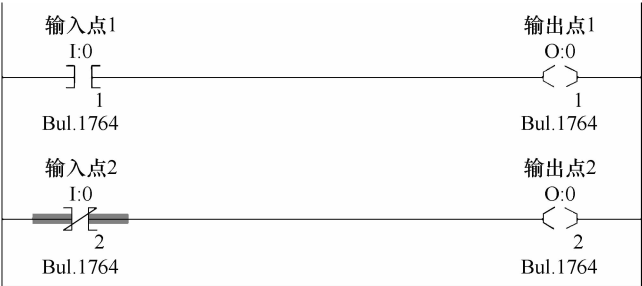


图 4-1　OTE 指令应用举例

图 4-1 所示梯形图程序实现的功能是：PLC 输入点 1 导通时，输出点 1 立即导通。输入点 1 断开时，输出点 1 立即断开。PLC 输入点 2 导通时，输出点 2 立即断开。输入点 2 断开时，输出点 2 立即导通。

4. 输出锁存指令 OTL 和输出解锁指令 OTU

OTL 指令和 OTU 指令的梯形图符号分别表示为



OTL 指令和 OTU 指令是保持型输出指令，一般这两条指令成对使用。

当 OTL 指令前面的梯级条件成立时，执行 OTL 指令，将该寻址位变为 ON 状态，随后

如果 OTL 指令前面的梯级条件变为不成立，这时该位仍然保持锁存状态（ON 状态）。

当 OTU 指令前面的梯级条件成立时，执行 OTU 指令，将该寻址位变为 OFF 状态，随后如果 OTU 指令前面的梯级条件变为不成立，这时该位仍然保持解锁状态（OFF 状态）。

例如，在图 4-2 的第一条梯形图程序中，如果 PLC 的输入点 1 是 ON 状态，梯级条件成立，则执行输出锁存指令，将 PLC 的输出点 1 锁存为 ON 状态，这时，如果前面的输入点 1 变为 OFF 状态，输出点 1 仍然被锁存，保持为 ON 状态，直到后面的解锁指令被执行后，才能变为 OFF 状态；在第二条梯形图程序中，如果 PLC 的输入点 2 是导通 ON 状态，则执行输出解锁指令，将 PLC 的输出点 1 解锁，使之为 OFF 状态，并一直保持下去，直到锁存指令被再次执行。

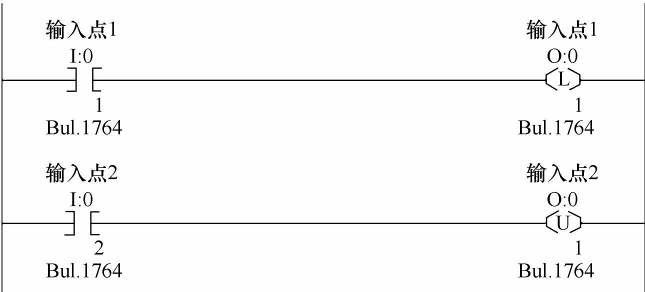
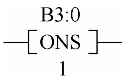


图 4-2　OTL 和 OTU 指令的应用举例

图 4-2 所示梯形图程序实现的功能是：当 PLC 输入点 1 导通时，输出点 1 立即导通，当输入点 1 由导通变为关断时，输出点 1 仍然保持导通；输入点 2 导通时，输出点 1 处于关断状态，输入点 2 由导通变到关断时，输出点 1 仍然保持关断状态。

5. 一次响应指令 ONS

ONS 指令的梯形图符号表示为



ONS 属于输入指令。当程序中 ONS 指令所在梯级条件由假到真变化时，它的指令逻辑为真，但只保持一个扫描周期。使用 ONS 指令可启动由按钮触发的事件。ONS 指令中有一个位地址参数，此地址可以是位文件或整数文件地址（如 B3：0/3，N7：0/1 等）。该位自动存储了 ONS 指令所在梯级条件（为真则存储 1，为假则存储 0）。

ONS 的功能相当于限制所在梯级的输出。当输入条件由假变真时，它使输出为 1 且只保持一个扫描周期，在以后连续的扫描中输出为 0，直到输入再次由假到真跳变。

例如，在图 4-3 第一条梯形图程序中，当输入点 1 由 OFF 状态变为 ON 状态时，ONS 响应，保持一个扫描周期的 ON 状态，在这一个扫描周期中，后面两个输出指令的梯级条件为真，这时输出点 1 变为 ON 状态，但只能保持一个扫描周期；同时输出点 2 被锁存为 ON 状态，因为输出点 2 被锁存，所以其导通状态可以被一直保持下去。一个扫描周期非常短暂，输出点 1 的 ON 状态不能被观察到。ONS 中的位参数 B3：0/1 记录了 ONS 所在梯级的条件，当梯级条件为真（输入点 1 为 ON 状态时），其值也为真，等于 1；当梯级条件为假，其值也为假，等于 0。借助第二条梯形图程序，通过输出点 3 的通断情况，可以观察出 B3：0/1 的状态。

图 4-3 所示梯形图程序实现的功能是：当 PLC 输入点 1 导通时，输出点 1、输出点 2 和输出点 3 立即导通，但输出点 1 和输出点 3 只保持一个扫描周期的导通状态，所以很难观察到它的导通；输入点 1 关断时，输出点 2 保持导通状态不变。

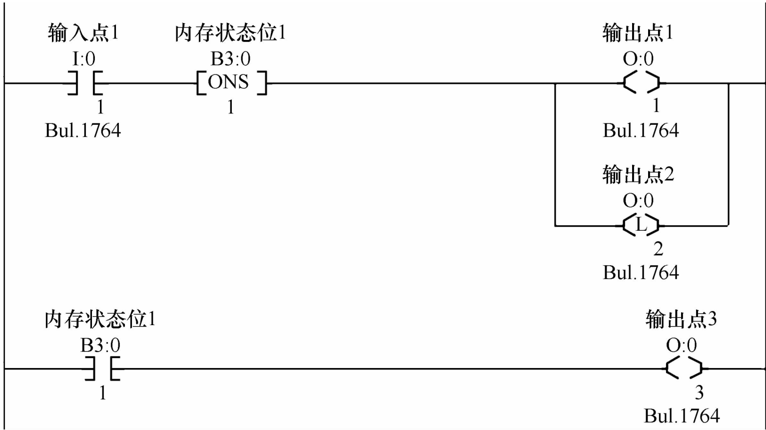


图 4-3　ONS 指令的应用举例

6. 上升沿一次响应指令 OSR

OSR 指令的梯形图符号表示为



OSR 属于瞬时输出指令，输出只能保持一个扫描周期的 ON 状态。当 OSR 指令所在梯级条件由假到真变化时，在输出位（Output Bit）产生一个周期正脉冲（即“上升沿动作类型”）。存储位（Storage Bit）中自动存储了 OSR 指令所在阶梯的梯级条件（为真则存储 1，为假则存储 0）。

7. 下降沿一次响应指令 OSF

OSF 指令的梯形图符号表示为



OSF 属于瞬时输出指令，输出只能保持一个扫描周期的 ON 状态。当 OSF 指令所在梯级条件由真到假变化时，在输出位产生一个周期正脉冲（即“下降沿动作类型”）。存储位中自动存储了 OSF 指令所在阶梯的梯级条件（为真则存储 1，为假则存储 0）。

OSR 和 OSF 都是非保持型的，ON 状态只保持一个扫描周期，两者的区别是：OSR 指令是上升沿触发，OSF 指令是下降沿触发。

例如，在图 4-4 第一行梯形图程序中，当梯级条件由 OFF 状态变为 ON 状态时，OSR 指令执行，在其输出位 B3：0/1 中存储一个扫描周期的正脉冲信号；当梯级条件由 ON 状态变为 OFF 状态时，OSF 指令执行，在其输出位 B3：0/3 中存储一个扫描周期的正脉冲信号。

在第二行梯形图程序中，梯级条件是 OSR 指令的输出位 B3：0/1，该位为 ON 状态时，两个输出指令执行，输出点 1 被置 ON 状态，没有被锁存，不能保持，调试时不能观察到其置 ON 的状态；输出点 2 也被置 ON 状态，被锁存，当梯级条件为假时，可以保持，调试时可以观察到其置 ON 的状态。

在第三行梯形图程序中，梯级条件是 OSF 指令的输出位 B3：0/3，该位为 ON 状态时，两个输出指令执行，输出点 3 被置 ON 状态，没有被锁存，不能保持，调试时不能观察到其置 ON 的状态；输出点 4 也被置 ON 状态，被锁存，当梯级条件为假时，可以保持，调试时可以观察到其置 ON 的状态。

在第四行梯形图程序中，梯级条件是 OSR 指令的存储位 B3：0/0 和 OSF 的存储位 B3：0/2，当两个位均为 ON 状态时，梯级条件成立，执行输出指令，输出点 5 为 ON 状态。调试时，可以观察到，第一行梯形图程序的梯级条件为真，这两个存储位也为真；梯级条件为假，这两个存储位也为假。

图 4-4 所示梯形图程序中，当 PLC 输入点 1 导通时，输出点 1、输出点 2 和输出点 5 立即导通，但输出点 1 只保持一个扫描周期的导通状态，无法观察到；当输入点 1 关断时，输出点 5 立即关断，输出点 3 和输出点 4 立即导通，但输出点 3 也只保持一个扫描周期的导通状态，所以无法观察到。

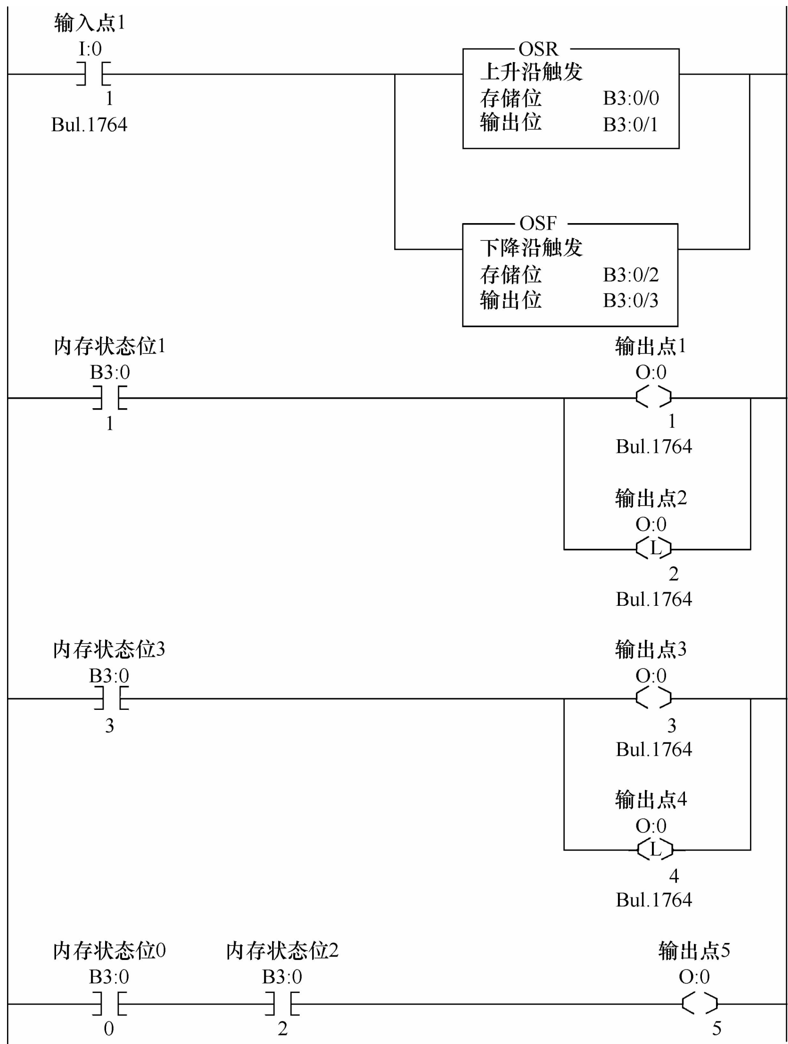


图 4-4　OSR 和 OSF 指令的应用举例

8. 位指令应用实例

例1：起/停控制。

系统接线为：一个起动按钮（常开触点）接PLC的输入点6，一个停止按钮（常开触点）接PLC的输入点7，输出点6控制外部设备的起/停。控制要求为：当按下起动按钮时（点动型），起动外部设备；当按下停止按钮时（点动型），停止外部设备的运行。

实现上述起/停控制的梯形图逻辑如图4-5所示。图中，当按下起动按钮时，输入点6处于ON状态，此时停止按钮未按下，处于OFF的状态，这时梯级条件为真，执行后面的输出指令，使输出点6（O：0/6）为ON状态，起动外部设备。程序中将O：0/6与起动按钮并联，进行设备起动自锁，按下起动按钮后，设备就会一直处于运行状态，直到按下停止按钮。

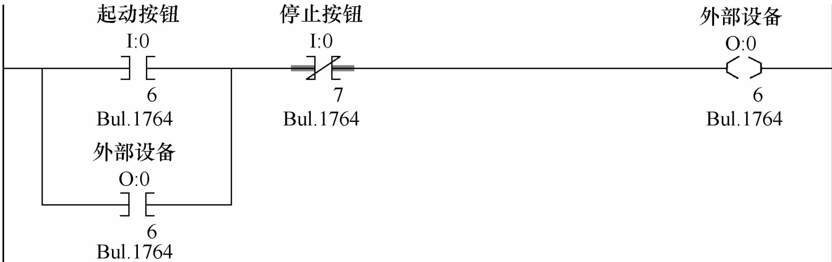


图4-5　起/停控制梯形图程序

例2：单按钮起/停控制。

在实际生产中，经常使用一个按钮，既能控制起动，又能控制停止。本书列举了两种使用位指令的控制方法，其梯形图程序如图4-6、图4-7所示。在程序中，PLC的输入端子I：0/6接外部的起/停按钮，PLC的输出端子O：0/6对外部设备进行控制，PLC内部位文件中的B3：0/0、B3：0/1、B3：0/2记录程序的一些中间状态。

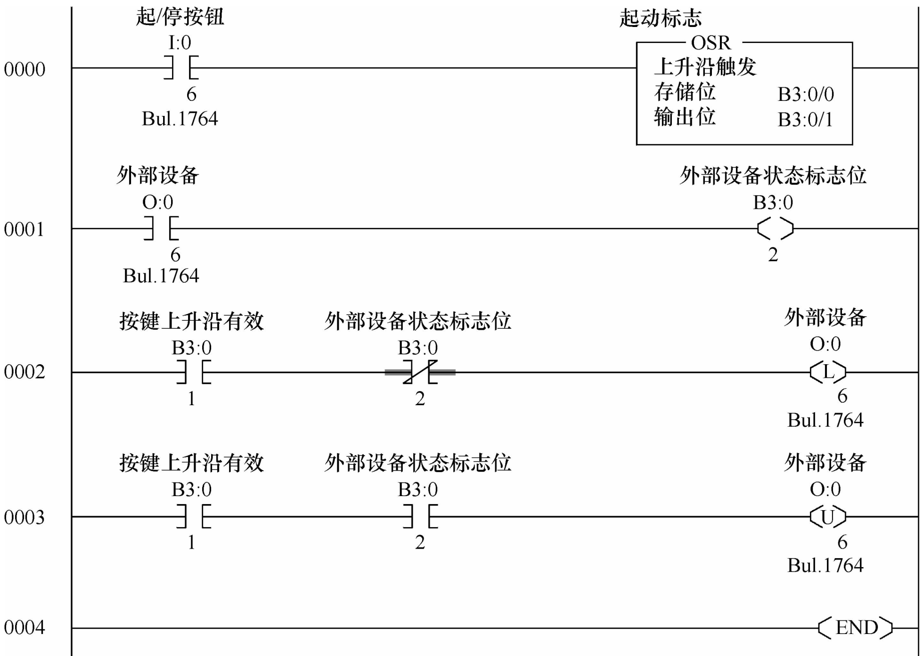


图4-6　单按钮起/停控制梯形图程序1

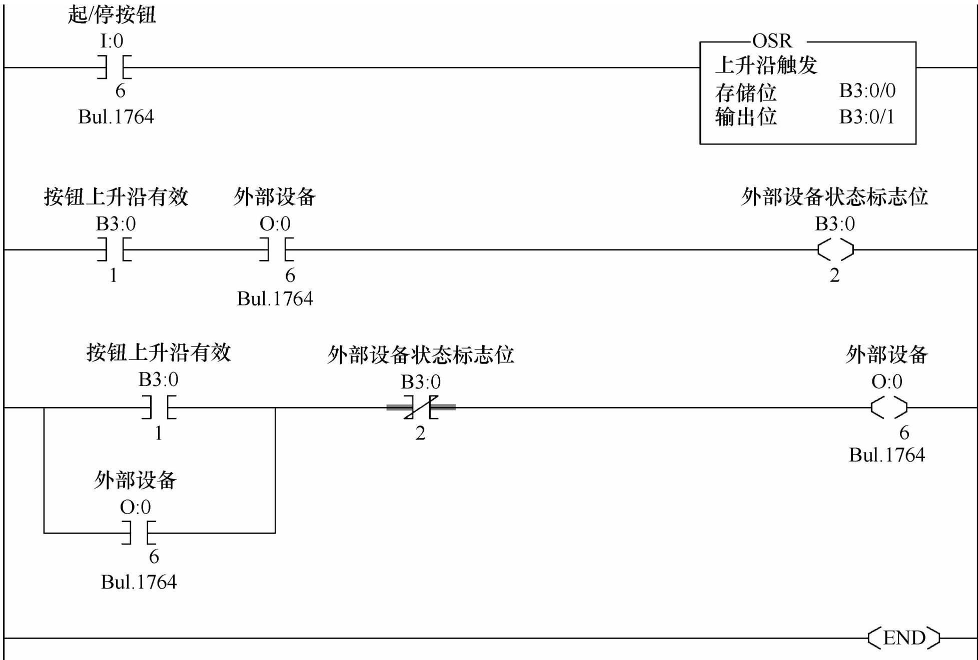


图 4-7　单按钮起/停控制梯形图程序 2

在图 4-6 中，第一条梯形图程序使用 OSR 指令捕捉起/停按钮的上升沿，将其存储在 PLC 内部的 B3：0/1 中；第二条程序将外部设备的当前状态记录到 B3：0/2 数据文件中，该条指令必须放置在第三、第四条指令的前面，这样才能正确记录按钮上升沿这一刻外部设备的状态；第三条程序的作用是在起/停按钮的上升沿这一刻，如果外部设备处于停止状态，执行锁存指令，使设备起动；第四条指令作用是在起/停按钮的上升沿这一刻，如果外部设备处于运行状态，执行解锁指令，使设备停止运行。

在图 4-7 中，第一条梯形图程序使用 OSR 指令捕捉起/停按钮的上升沿，将其存储在 PLC 内部的 B3：0/1 中；第二条程序将外部设备的当前状态记录到 B3：0/2 数据文件中，该条指令必须放置在第三条指令的前面，这样才能正确记录按钮上升沿这一刻外部设备的状态；第三条指令是一条自锁指令，如果按钮上升沿这一刻，设备处于停止状态（B3：0/2 处于 OFF 状态），起动设备，通过采用并联 O：0/6 进行自锁；如果按钮上升沿这一刻，设备处于运行状态，则通过 B3：0/2 切断梯级条件，使设备停止运行。

例 3：电动机的正/反转控制。

在实际生产中，经常需要控制交流电动机的正转和反转。将电动机定子三相绕组中的任意两相调换一下相序，就可改变电动机的旋转方向。实现时，可以在主电路中用两组接触器的主触点分别构成电动机正转和反转的相序接线，如图 4-8

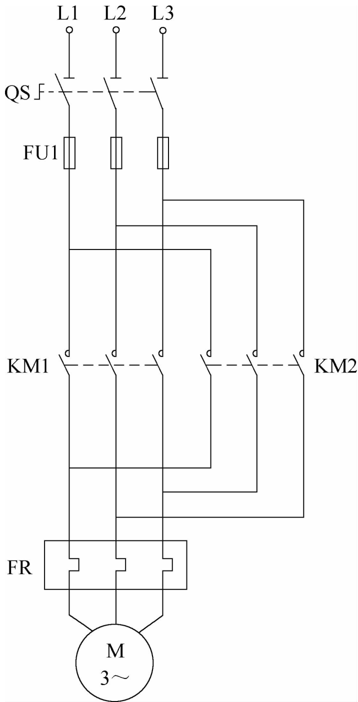


图 4-8　电动机正/反转控制主电路

所示。本例中电动机正/反转控制要求如下：按下正转按钮 SB1，电动机立即正转，按下停止按钮，电动机停止运行；接着按下反转按钮 SB2，电动机开始反转，按下停止按钮，电动机停止转动。由主电路可知，两个接触器的主触点不能同时闭合，否则会造成电源短路，这是绝对不允许发生的。要实现这样的控制要求，必须在梯形图控制程序中使用互锁逻辑。本例中，按钮均为点动型。电动机正/反转控制 I/O 分配见表 4-5。

实现电动机正/反转控制的梯形图程序如图 4-9 所示。程序中，第一条指令梯级条件中加入了反转输出 O：0/1，作为互锁使用，防止电动机反转时，又同时起动正转。

表 4-5　电动机正/反转控制 I/O 分配

输入元器件	PLC 数据	输出元器件	PLC 数据
正转按钮 SB1	I:0/0	正转接触器	O:0/0
反转按钮 SB2	I:0/1	反转接触器	O:0/1
停止按钮 SB3	I:0/2		

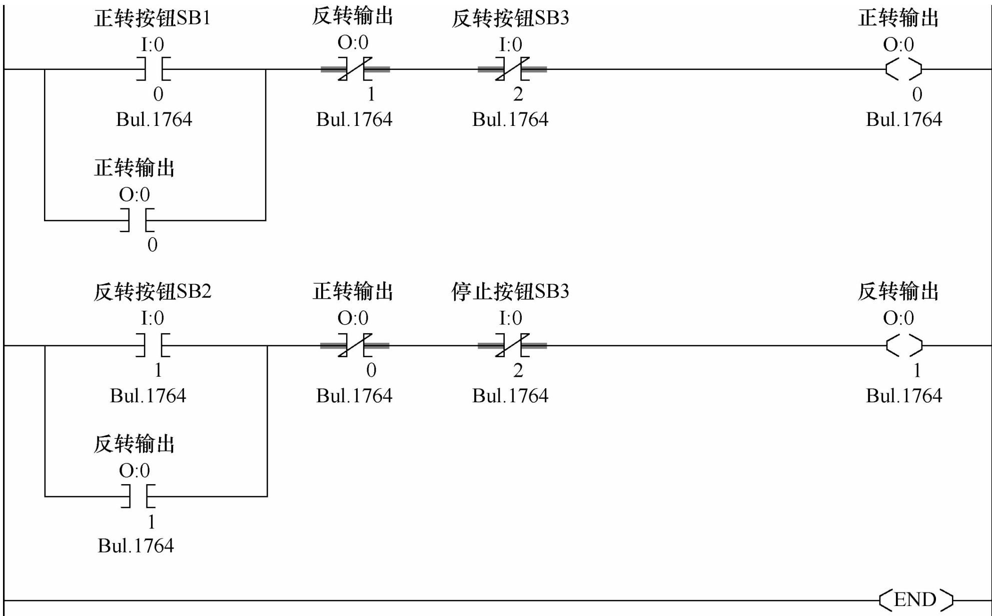


图 4-9　电动机正/反转控制梯形图

4.3　计时器指令

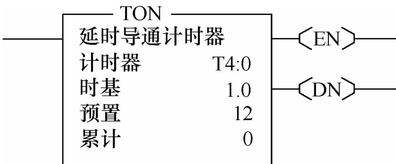
计时器指令属于输出指令，用于控制基于时间的操作。MicroLogix 系列控制器的计时器指令及其功能见表 4-6。

表 4-6　计时器指令及其功能

助记符	名　称	功　能
TON	延时导通计时器	当指令前面梯级条件为真时，以时间基准为单位进行计时
TOF	延时断开计时器	当指令前面梯级条件为假时，以时间基准为单位进行计时
RTO	保持计时器	当指令前面梯级条件为真时，以时间基准为单位进行计时，但当前面梯级变为假后，计时值保持，但梯级条件再次为真时，继续进行计时

1. 延时导通计时器（TON）

TON 指令的梯形图符号表示为



使用 TON 指令延迟打开输出。当梯级条件为真时，TON 指令按选定时基进行计时，只要梯级条件保持为真，计时器就会增加其累加器直到达到预置值为止。当累加器等于预置值时，计时停止。当梯级条件为假时，累加器清零。

使用 TON 指令时需要提供以下参数：

1）计时器（Timer）：指明所使用的计时器元素（如 T4：0）。

2）时基（Time base）：计时器计时的基本单位。MicroLogix1500 系列可选择 1s、0.01s 和 0.001s 三种，它决定了计时器的精度。

3）预置值（Preset）：用于设定延时时间，可设为整数 -32768 ~ 32767，预置值和时基相乘，所得时间值就是设定的计时长度。

4）累计值（Accum）：是一个动态值，表明了到目前计时器已经延时的数值。

当梯级条件为真时，TON 开始计时，直到下列条件中的任何一个发生为止：累计值 = 预置值、梯级变假、复位计时器。

不论计时器是否计到时，当梯级逻辑变假时，计时器复位累计值（把累计值清 0）。

TON 指令的状态位可用作对输出的控制信号。正确理解这些状态位是掌握 TON 编程的关键。TON 指令的状态位及变化情况见表 4-7。

表 4-7 TON 指令的状态位及变化情况

状态位	置 位 条 件	保持置位直到下列情况发生
DN	累计值 >= 预置值	梯级变为假
TT	梯级为真且累计值 < 预置值	梯级变为假或累计值 >= 预置值
EN	梯级为真	梯级变为假

例如，在图 4-10 中，当 PLC 输入点 1 为 ON 状态时，延时导通计时器 T4：0 的状态位 EN 被置位，累计值开始增加，当其等于预置值 10 时，累计值停止不动，定时器 T4：0 的 DN 被置位，为真。当输入点 1 断开，使梯级条件为假时，计时器的状态位 EN 和 DN 被置 0，累计值也被复位为 0。调试时，可以通过观察输出点 1 和输出点 2 的状态，了解 EN 和 DN 的置位、复位情况。

图 4-10 所示梯形图程序实现的功能是：当 PLC 输入点 1 导通时，输出点 2 立即导通，输入点 1 延时 10s 后导通；输入点 1 关断时，输出点 1 和输出点 2 立即关断。

2. 延时断开计时器（TOF）

TOF 指令的梯形图符号表示为

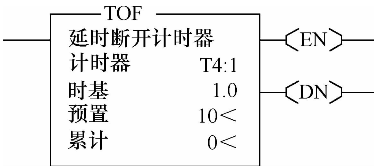




图 4-10　延时导通计时器应用

TOF 指令属于输出指令，它延迟关闭输出。当梯级条件为假时，TOF 指令开始计时。只要梯级条件保持为假，计时器就会增加其累加器直到达到预置值为止。当累加值等于预置值时，状态位 DN 由 ON 变为 OFF。它相当于继电器控制系统中的断电延时继电器。

TOF 指令各参数的含义与 TON 相同。

当梯级条件变假时，TOF 开始计时，直到下列条件中的任何一个发生为止：累计值 = 预置值；梯级变真。

不论计时器是否计到时，梯级变真时计时器复位累计值。

TOF 指令的状态位及变化情况见表 4-8，注意它们和 TON 的区别。

表 4-8　TOF 指令的状态位及变化情况

状态位	置 位 条 件	保持置位直到下列情况发生
DN	梯级为真	梯级变为假且累计值 >= 预置值
TT	梯级为假且累计值 < 预置值	梯级变为真或累计值 >= 预置值
EN	梯级为真	梯级变为假

例如，在图 4-11 中，当 PLC 输入点 1 由 OFF 变为 ON 时，梯级条件为真，T4:0 的状态位 DN 为 ON 状态，状态位 EN 为 ON；当输入点 1 由 ON 变为 OFF 时，梯级条件为假，状态位 EN 被复位，变为 OFF，T4:0 开始计时，累计值开始增加，当累计值等于预置值时，T4:0状态位 DN 被复位，为 OFF。调试时，可以通过输出点 1、2 观察状态位 EN、DN 的变化情况。

图 4-11 所示梯形图程序实现的功能是：当 PLC 输入点 1 导通时，PLC 输出点 1 和输出点 2 立即导通；当输入点 1 关断时，输出点 1 立即关断，输出点 2 延时 12s 后关断。



图 4-11　延时关闭定时器的应用

3. 保持型计时器（RTO）

RTO 指令的梯形图符号表示为



使用 RTO 指令延迟打开输出。当梯级条件为真时，RTO 指令开始计算计时。只要梯级条件保持为真，计时器就会增加其累加器直到达到预置值为止。当处理器重新运行或阶梯变真时，RTO 计时器从保持的值开始继续计时，直到累计值达到预置值。如果需要复位其累计值和状态位，可在另一阶梯中用 RES 指令对相同地址的计时器复位。无论任何情况，复位指令总是优先执行。即只要使能复位指令，无论计时器是否正在计时，累计值及状态位总被复位为 0。

在发生下列任意一种情况时，RTO 保留累计值：

1）梯级条件为假。

2）将控制器模式从运行或测试更改为程序。

3）处理器掉电。

4）发生故障。

TON 和 TOF 计时器在梯级条件变假时，累计值要被复位，梯级条件变为真后又重新计时，有时这会给某些应用带来不便，这时可以采用能累积计时的 RTO 指令。

RTO 指令的状态位及变化情况见表 4-9。

表 4-9　RTO 指令的状态位及变化情况

状态位	置 位 条 件	保持置位直到下列情况发生
DN	累计值 >= 预置值	相应的 RES 指令使能
TT	梯级为真且累计值 < 预置值	梯级变为假或被 DN 置位
EN	梯级为真	梯级变为假

例如，图 4-12 所示，当 PLC 输入点 1 导通，为 ON 时，梯级条件为真时，RTO 状态位 EN 为真，RTO 计时器开始计时，当累计值等于预置时，DN 被置位；当输入点 1 关断，梯级条件为假时，EN 被复位，但 DN 保持不变，此时如果累计值小于预置值，累计值也不会被清 0，其值会被保存，当梯级条件再次为真时，它会继续进行累加计时。调试时，可以通过观察 PLC 的输出点 1 和输出点 2 的状态，了解 EN、DN 的置位和复位情况。

图 4-12 所示的梯形图程序实现的功能是：当 PLC 输入点导通时，PLC 输出点 1 立即导通，输出点 2 延时导通，延时时间等于预置值减去当前的累计值，如果当前的累计值等于预置值，则输出点 2 也立即导通；当输入点 1 关断时，输出点 1 立即关断，但输出点 2 的状态保持不变。

在 RTO 指令中，需要通过复位指令 RES 来使复位累加器和 DN 状态位。

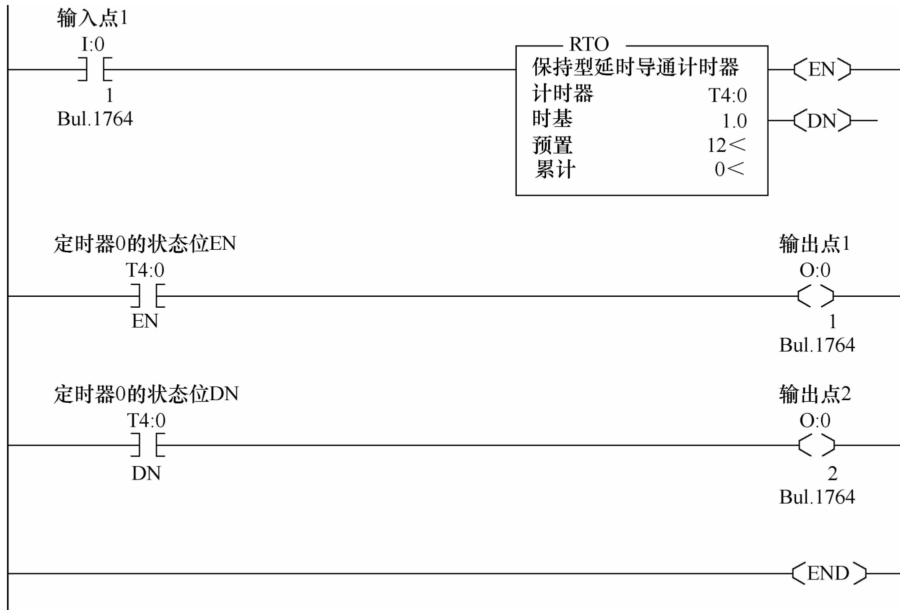


图 4-12　RTO 计时器的应用

TON、TOF、RTO 计时器的基计 1s、0.01s 和 0.001s 的计时精度分为 -1 ~0s、 -0.001 ~0s、 -0.001 ~0s。如果程序扫描超过 2.5s，则在梯形图代码的不同区域中的不同梯级（相同的逻辑）上重复计时器指令，从而在这些极限范围内扫描梯级。

如果跳转（JMP）、标签（LBL）、跳转到子例程（JSR）或子例程（SBR）指令在计时器计时时跳过包含计时器指令的梯级，则计时可能不准确。如果跳越持续时间在 2.5s 内，则没有时间丢失；如果跳越持续时间超过 2.5s，则会发生无法检测到的计时错误。在使用子例程时，为了防止发生计时错误，必须至少每隔 2.5s 扫描一次计时器。

4. 定时器应用实例

例 1：三个电动机顺序起动。

按下起动按钮后，M1 首先起动，按下按钮 10s 后 M2 起动，按下按钮 20s 后 M3 起动，按下停止按钮后，三个电动机全部停止。

PLC 输入/输出点 I/O 分配见表 4-10。

表 4-10　PLC 输入/输出点 I/O 分配

输 入 元 件	PLC 数据	输 出 元 件	PLC 数据
起动按钮	I:0/1	M1	O:0/1
停止按钮	I:0/2	M2	O:0/2
		M3	O:0/3

在图 4-13 中，使用了两个定时器，当按下起动按钮后，起动 M1，由 M1 打开定时器 T4：0，延时 10s 后，由 T4：0/DN 起动 M2，M2 起动后，打开定时器 T4：1，延时 10s 后，由 T4：1/DN 起动 M3，当按下停止按钮时，关闭 M1、M2 和 M3。

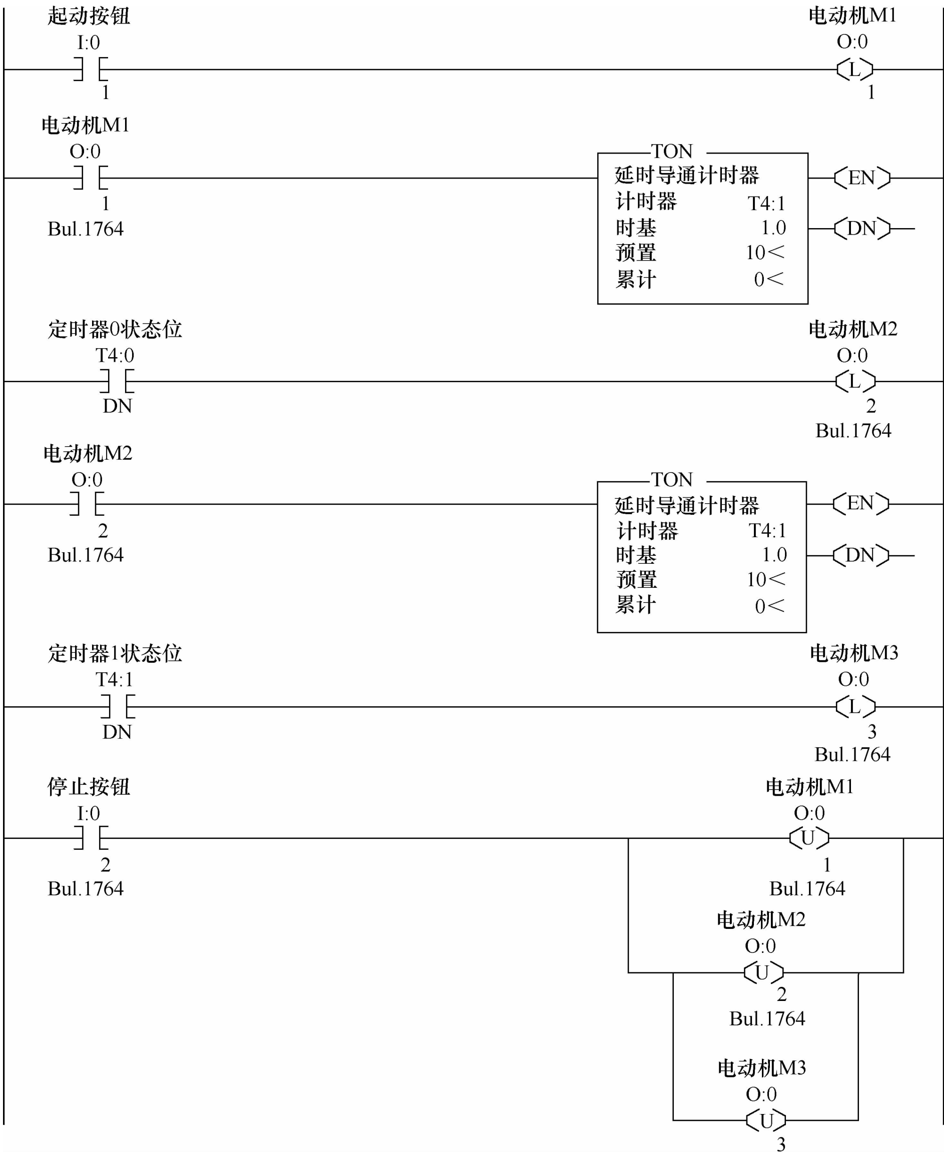


图 4-13　电动机顺序起动梯形图程序

例 2：报警灯的闪烁。

报警灯的闪烁控制在实际中经常使用，当按下按钮后，指示灯以 3s 的频率闪烁，断开

按钮后停止闪烁。

在图 4-14 梯形图程序中，使用两个定时器进行级联控制，T4：0 控制报警灯熄灭的时间，T4：1 控制报警灯亮的时间。

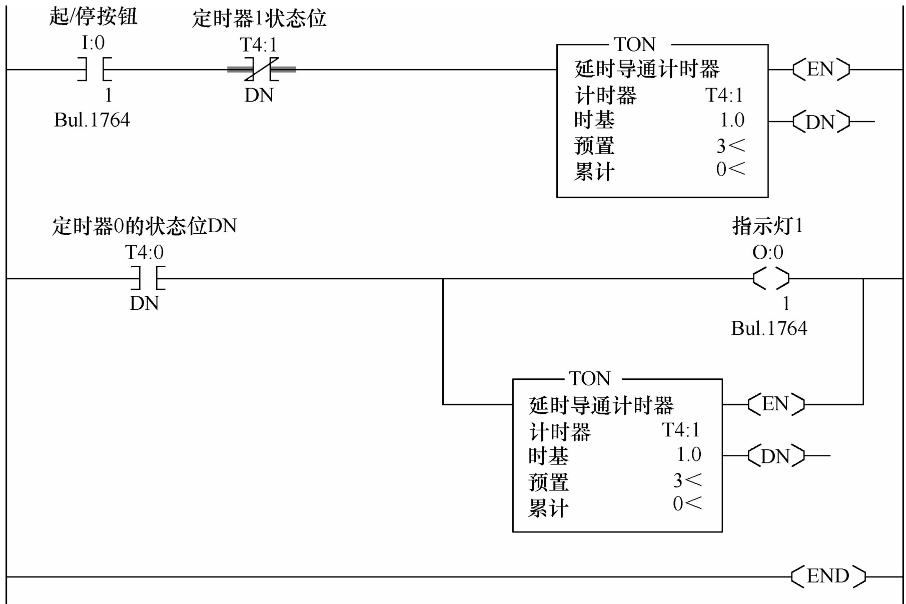


图 4-14　报警灯闪烁梯形图程序

例 3：交通灯控制。

系统中一共有 6 盏灯，其中南北方向红灯、黄灯、绿灯各一盏，东西方向红灯、黄灯、绿灯各一盏，控制按钮一个，当按下控制按钮时，交通灯系统开始运行，绿灯亮 12s 后，黄灯亮 3s，然后红灯亮 15s，依次循环，当断开按钮时，交通灯系统停止运行。

交通灯的控制顺序如图 4-15 所示，当系统按下起动按钮后，南北方向的绿灯、东西方向的红灯先亮；延时 12s 之后，南北方向的黄灯亮起，绿灯熄灭，东西方向保持红灯不变；南北方向的黄灯点亮 3s 后，南北方向的红灯亮起，东西方向的绿灯亮起；当东西方向的绿灯延时 12s 之后，东西方向的黄灯亮起，绿灯熄灭，同时南北方向保持红灯不变；东西方向的黄灯点亮 3s 之后，南北方向绿灯亮起，东西方向红灯亮起。实现交通灯控制的梯形图程序如图 4-16 所示。

	12s	3s	12s	3s
南北方向	绿灯	黄灯	红灯	红灯
东西方向	红灯	红灯	绿灯	黄灯

图 4-15　交通灯的控制顺序

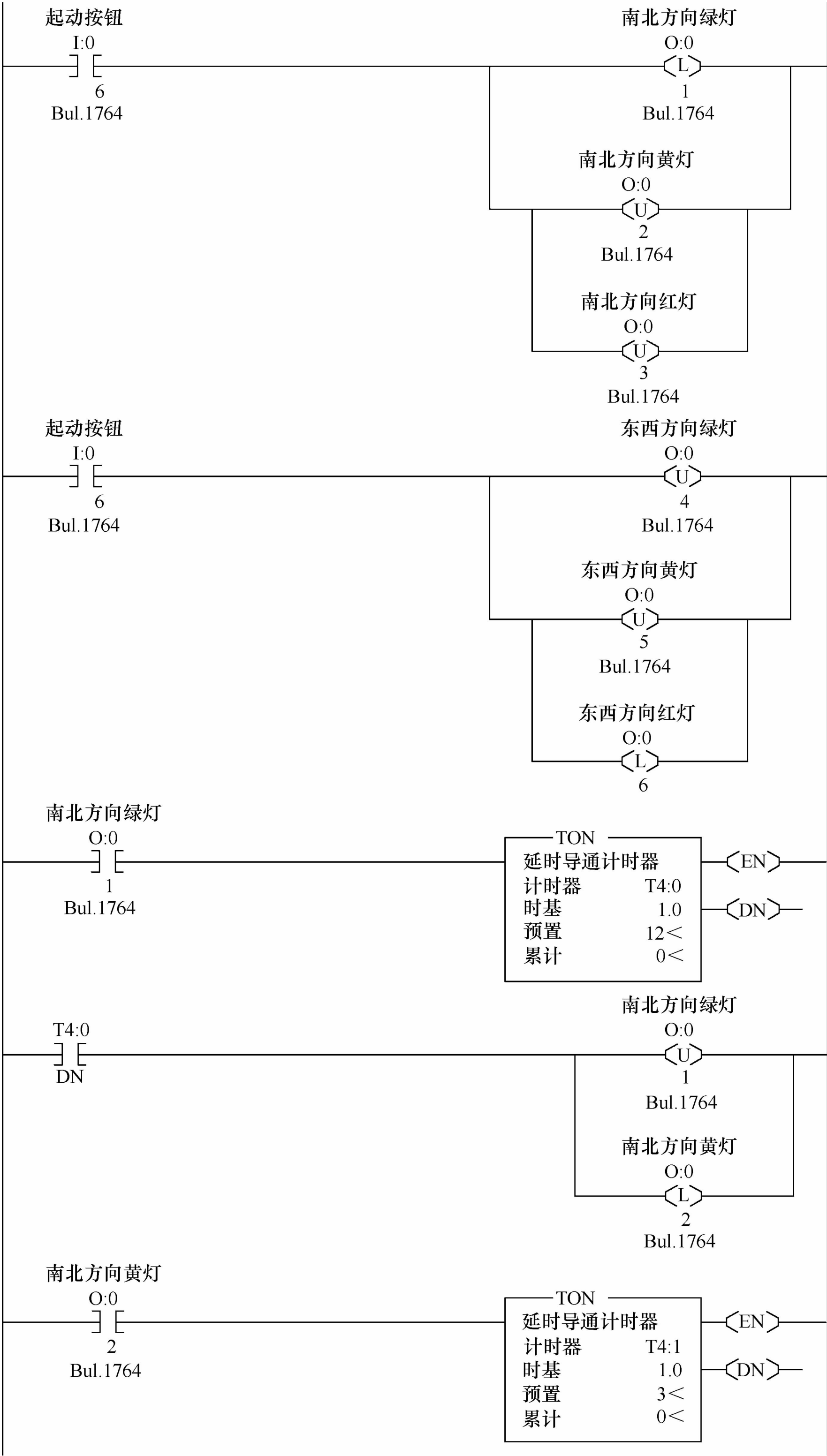


图 4-16 交通灯控制梯形图程序

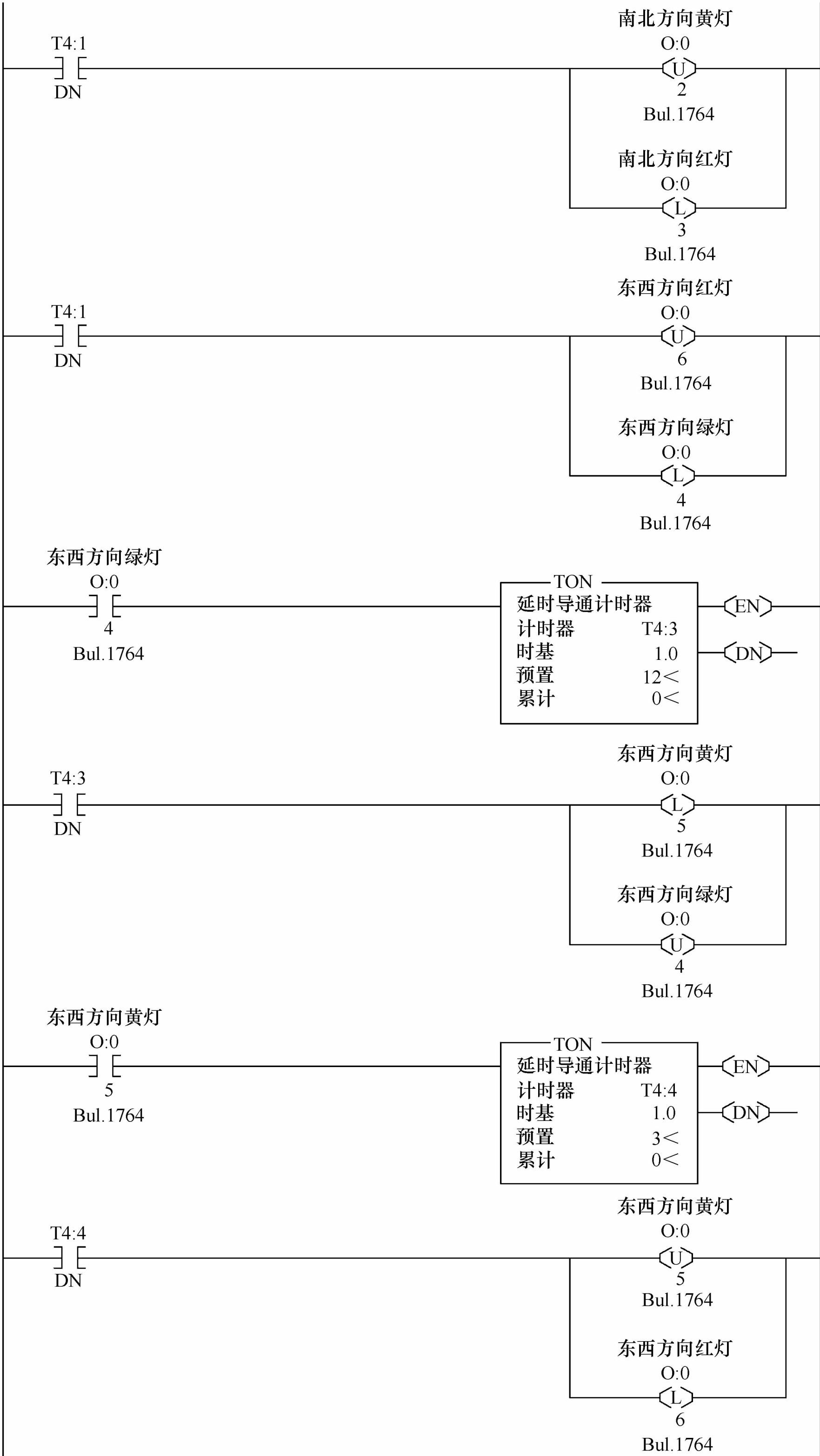


图 4-16　交通灯控制梯形图程序（续一）

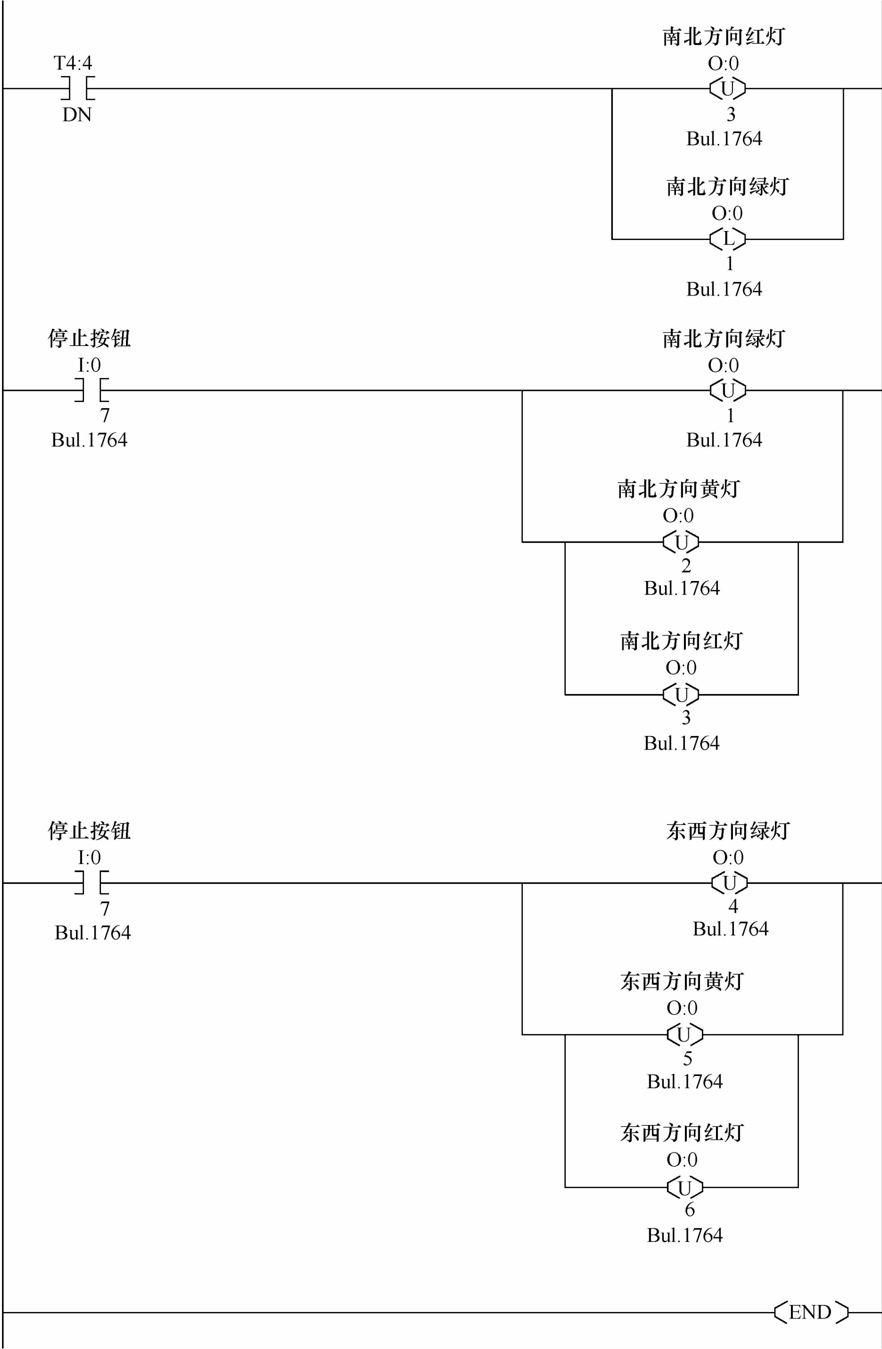


图 4-16 交通灯控制梯形图程序（续二）

4.4 计数器指令

计数器指令属于输出指令，普通计数指令有两条：加计数器和减计数器，计数器指令及其功能见表 4-11。

表 4-11　计数器指令及其功能

助记符	名　称	功　能
CTU	加计数器	梯级条件每次由假变真时，累加值加 1，并且重新上电或梯级条件变假时，累加值保持不变
CTD	减计数器	梯级条件每次由假变真时，累加值减 1，并且重新上电或梯级条件变假时，累加值保持不变

1. 加计数器（CTU）

CTU 指令的梯形图符号表示为



CTU 加计数指令在使用时需设置计数器文件地址，如 C5：0，预置值设定范围是 -32768 ~ 32767。每一次梯级条件由假变真时 CTU 累计值加 1。当梯级再次变为假或系统重新上电时累计值保持不变。当累计值等于或超过预置值时，CTU 指令对输出状态位 DN 置位。CTU 指令的状态位及变化情况见表 4-12。

表 4-12　CTU 指令的状态位及变化情况

状态位	置 位 条 件	保持置位直到下列情况发生
OV（上溢出位）	累计值到 32767 后，返回到 -32768，同时从该处继续加计数	使用 RES 指令对该计数器复位或者用 CTD 指令使累计值 <= 32767
DN（完成位）	累计值 >= 预置值	累计值 < 预置值
CU（加计数使能位）	梯级为真	梯级变为假或使用 RES 指令对计数器复位

在图 4-17 所示梯形图程序中，当按钮 1 每次由断开变为导通时，C5：0 计数器的累加值加 1；当累计值大于等于设定的预置值 5 时，状态位 DN 置位，指示灯 2 亮起；当计数按钮处于导通状态时，计数器状态位 CU 置位，指示灯 1 点亮。当按下复位按钮后，累加值清

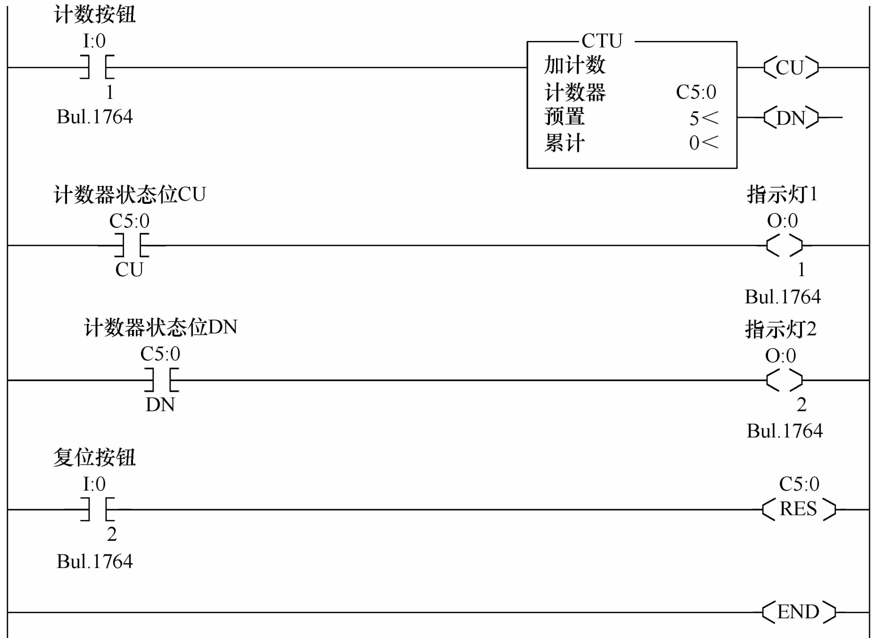


图 4-17　CTU 指令应用举例

0，状态位置 0。

2. 减计数器（CTD）

CTD 指令的梯形图符号表示为



CTD 减计数指令在使用时需设置计数器文件地址，如 C5：1；预置值设定范围是 －32768～32767。每一次梯级条件由假变真时，CTD 累计值减 1。当梯级再次变为假或系统重新上电时，累计值保持不变。当累计值等于或小于预置值时，CTD 指令对输出状态位 DN 置位。CTD 指令的状态位及变化情况见表 4-13。

表 4-13　CTD 指令的状态位及变化情况

状态位	置 位 条 件	保持置位直到下列情况发生
UN(下溢出位)	累计值到 －32768 后,返回到 32767,并从该数值处开始减计数	使用 RES 指令对该计数器复位或者用 CTU 指令使累计值 > －32768
DN(完成位)	累计值 >= 预置值	累计值 < 预置值
CD(减计数使能位)	梯级为真	梯级变为假或使用 RES 指令对计数器复位

在图 4-18 所示梯形图程序中，当按钮 1 每次由断开变为导通时，C5：1 计数器的累加值减 1；当累计值大于等于设定的预置值 －6 时，状态位 DN 置位，指示灯 2 亮起；当累加

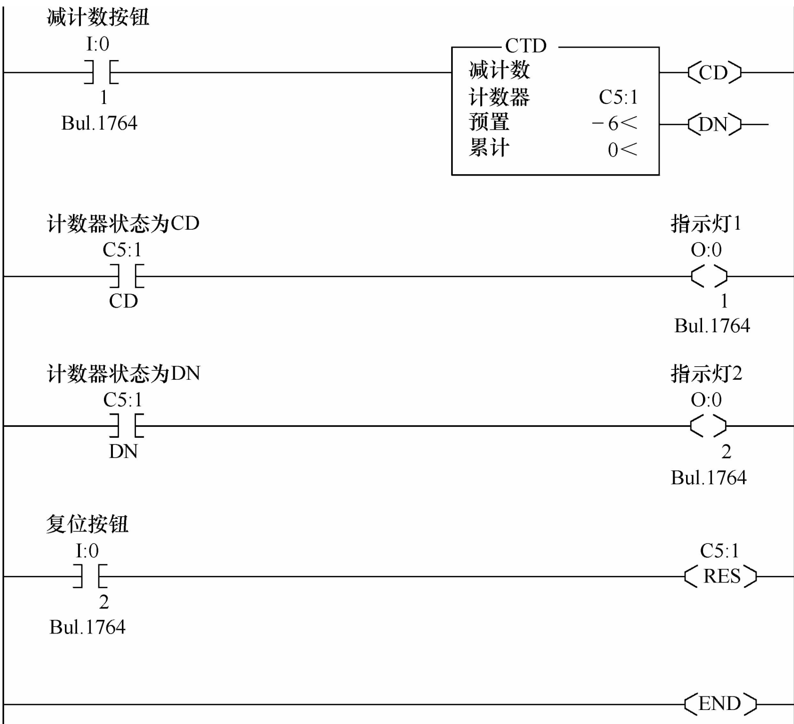


图 4-18　CTD 指令应用举例

值小于 -6 时，状态位 DN 清零，指示灯 2 灭；当计数按钮处于导通状态时，计数器状态位 CU 置位，指示灯点 1 亮。当按下复位按钮后，累加值置 0，状态位置 0。

4.5　传送和逻辑运算指令

传送和逻辑运算指令属于输出指令，当梯级条件为真时，执行相应的传送或逻辑操作。指令执行后，根据结果自动设置状态位。传送和逻辑指令助记符及功能见表 4-14。

表 4-14　传送与逻辑指令助记符及功能

助记符	名　　称	功　　能
MOV	传送数据	将数据源 A 当中的值传送到数据 B
MVM	带屏蔽位的数据传送	将数据源 A 当中的没有被屏蔽的位值传送到数据 B;在数据 B 中对应掩码中为 0 的位,保持原值不变
AND	逻辑“与”	源 A 与源 B 按位进行与运算,结果存放到目的地址内
OR	逻辑“或”	源 A 与源 B 按位进行或运算,结果存放到目的地址内
XOR	逻辑“异或”	源 A 与源 B 按位进行异或运算,结果存放到目的地址内
NOT	逻辑“非”	将源数据按位取反,结果存放到目的地址内
CLR	清零	将目的寄存器中的数值置为 0

传送与逻辑运算指令的用法基本相同，下面逐个加以介绍。

1. 传送（MOV）

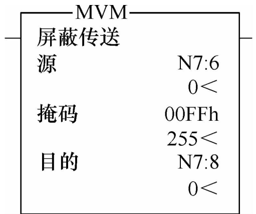
MOV 指令的梯形图符号表示为



MOV 指令将源地址上的数据传送到目的地址。只要梯级保持为真，每次扫描指令都重新传送一次数据，其中数据源可以是常数或地址。

2. 屏蔽传送（MVM）

MVM 指令的梯形图符号表示为



MVM 指令将数据从源地址传送到目的地址，并且允许部分源数据被一个独立的字屏蔽。数据源 A 当中没有被屏蔽的位被直接传送到数据 B；数据源 A 中被屏蔽的位不传送到 B。在数据 B 中对应掩码中为 0 的位，保持原值不变。只要梯级条件保持为真，每次扫描该指令都重新执行一次。

假如源码数据是：0 0 0 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 1 1 1

掩码是：0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1 1 1

执行前目的数据是：1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0

指令执行后的目的数据是：1 0 1 0 1 0 1 0 0 0 0 0 1 1 1 1

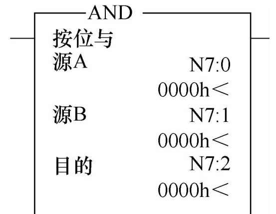
图 4-19 所示梯形图程序中，如果按钮 0 由假变真，屏蔽传送指令执行时，数据 N7：1 中的数据只有第 4、5、6、7 位被传递到目标地址 N7：2 中，其他位被屏蔽，不能被传递，目标地址中，被屏蔽的位第 15、14、13、12、11、10、9、8、3、2、1、0 位保持原值不变。



图 4-19 MVM 指令应用举例

3. 逻辑与（AND）

AND 指令的梯形图符号表示为



AND 指令使数据源 A 与数据源 B 执行位与位的逻辑与操作，结果存储在目的地址内。

4. 逻辑或（OR）

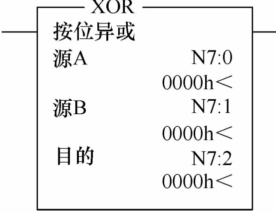
OR 指令的梯形图符号表示为



OR 指令使数据源 A 与数据源 B 执行位与位的逻辑或操作，结果存储在目的地址内。

5. 逻辑异或（XOR）

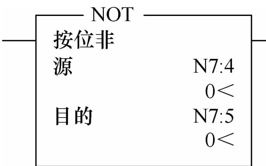
XOR 指令的梯形图符号表示为



XOR 指令使数据源 A 与数据源 B 执行位与位的逻辑异或操作，结果存储在目的地址内。

6. 逻辑非（NOT）

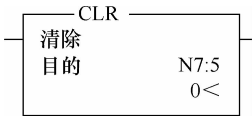
NOT 指令的梯形图符号表示为



NOT 指令使数据源 A 中的每一位取反，原来是 0 的位，变为 1；原来是 1 的位，变为 0。结果存储在目的地址内。

7. 清零（CLR）

CLR 指令的梯形图符号表示为



CLR 指令使目的地址的值清 0。

4.6 比较指令

比较指令属于输入指令。大多数比较指令使用两个参数源，源 A 和源 B（MEQ 和 LIM 有一个附加参数），一般源 A 为地址，源 B 为地址或常数。这些指令的有效数据范围如下：

－32 768 ~32 767（字）。

－2 147 483 648 ~2 147 483 647（长字）。

比较指令共有 8 条，功能见表 4-15。

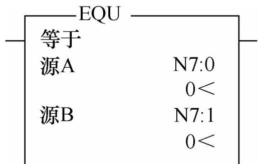
表 4-15　比较指令的功能

助记符	名　称	功　能
EQU	等于(Equal)	比较两个值是否相等(=)
NEQ	不等于(Not Equal)	比较一个值是否不等于第二个值(≠)
LES	小于(Less Than)	比较一个值是否小于第二个值(<)
LEQ	小于或等于(Less Than or Equal To)	比较一个值是否小于或等于第二个值(≤)
GRT	大于(Greater Than)	比较一个值是否大于第二个值(>)
GEQ	大于或等于(Greater Than or Equal To)	比较一个值是否大于或等于第二个值(≥)
MEQ	相等屏蔽码比较(Mask Compare for Equal)	比较两个值的部分以查看它们是否相等
LIM	极限测试(Limit Test)	比较一个值是否位于两个给定值之间

它们的用法大致相同，下面逐个加以介绍。

1. 等于（EQU）

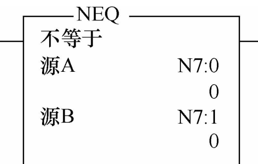
EQU 指令的梯形图符号表示为



使用 EQU 指令比较两个值是否相等。如果源 A 的值和源 B 的值相等，指令逻辑为真；源 A 的值和源 B 的值不相等，指令逻辑为假。

2. 不等于指令 NEQ

NEQ 指令的梯形图符号表示为



使用 NEQ 指令比较两个值是否不相等。如果源 A 的值和源 B 的值不相等，指令逻辑为真；源 A 的值和源 B 的值相等，指令逻辑为假。

图 4-20 所示梯形图程序中，当 N7：0 中的值不等于 N7：1 中的值时，指示灯 1 亮；当 N7：2 中的值等于 8 时，指示灯 2 亮。

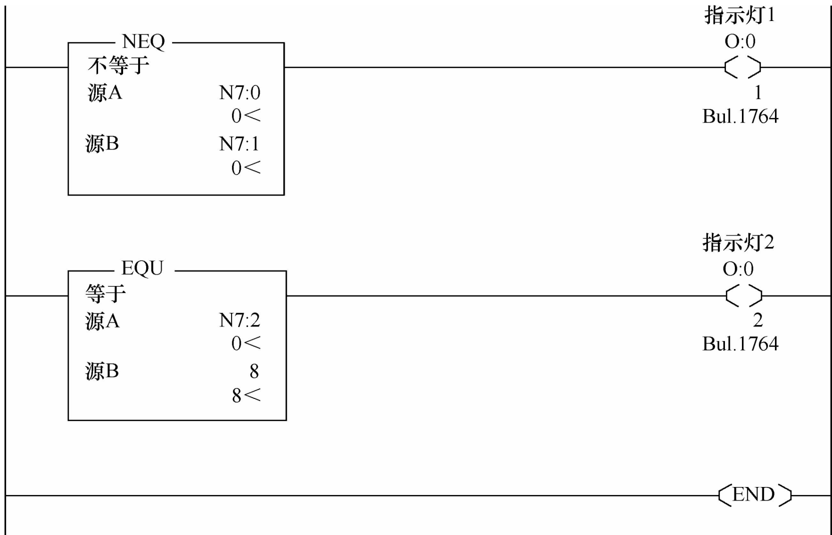
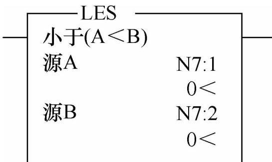


图 4-20 NEQ 和 EQU 应用举例

3. 小于（LES）

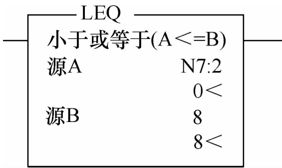
LES 指令的梯形图符号表示为



使用 LES 指令比较一个值是否小于另一个值。如果源 A 的值小于源 B 的值，指令逻辑为真；如果源 A 的值大于或等于源 B 的值，指令逻辑为假。

4. 小于或等于（LEQ）

LEQ 指令的梯形图符号表示为



使用 LEQ 指令比较一个值是否小于或等于另一个值。如果源 A 的值小于或等于源 B 的值，指令逻辑为真；源 A 的值大于源 B 的值，指令逻辑为假。

5. 大于或等于（GEQ）

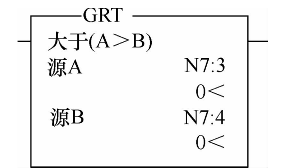
GEQ 指令的梯形图符号表示为



使用 GEQ 指令比较一个值是否大于或等于另一个值。如果源 A 的值大于或等于源 B 的值，指令逻辑为真；如果源 A 的值小于源 B 的值，指令逻辑为假。

6. 大于（GRT）

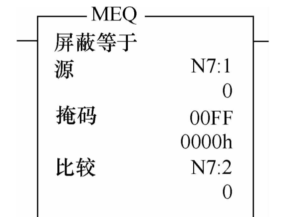
GRT 指令的梯形图符号表示为



使用 GRT 指令比较一个值是否大于另一个值。如果源 A 的值大于源 B 的值，指令逻辑为真；如果源 A 的值小于或等于源 B 的值，指令逻辑为假。

7. 相等屏蔽比较（MEQ）

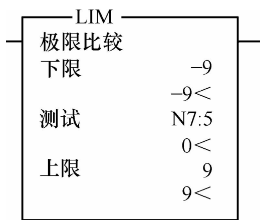
MEQ 指令的梯形图符号表示为



使用 MEQ 指令将源地址中的数据和比较地址中的数据进行位与位的比较，其中掩码表示了被屏蔽的位，掩码中为 0 的位被屏蔽，为 1 的位不被屏蔽，没有被屏蔽的位才能进行比较，并且只有比较位都相等时指令逻辑为真，否则为假。

8. 极限比较（LIM）

LIM 指令的梯形图符号表示为



使用 LIM 指令，比较测试值是否位于给定的上限值和下限值之间。

如果下限值小于或等于上限值，当比较值在极限范围内或等于任一极限值时，指令逻辑为真，否则为假。

如果下限值大于上限值，当比较值在极限范围内，指令逻辑为假；如果比较值等于任一极限值或超出极限范围，指令逻辑为真。

下限值、比较值和上限值可以是字地址或常数，组合需要遵守以下规则：

1）如果比较参数是一个常数，下限参数和上限参数必须是字地址。

2）如果比较参数是一个字地址，下限参数和上限参数可以是常数或字地址。

图 4-21 所示的梯形程序中，对源操作数 N7：1 和比较操作数 N7：2 中的数据进行低 8 位的比较，如果这两个数的低 8 位相等，则指示灯 1 亮，如果两个数的低 8 位不相等，则指示灯 1 熄灭。

如果测试值 N7：5 中的数据在上、下限值之间，则指示灯 2 点亮，如果测试值 N7：5 大于上限值或小于下限值，则指示灯熄灭。

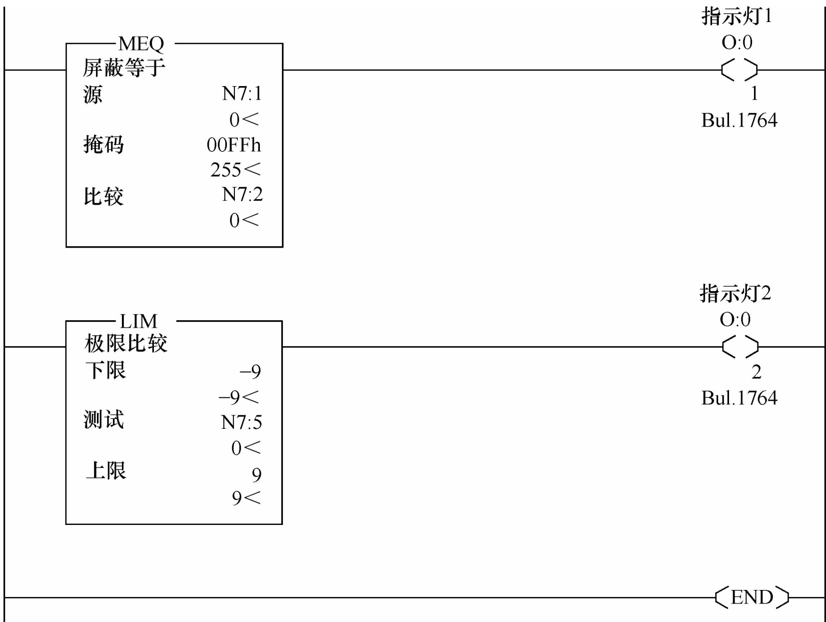


图 4-21 屏蔽指令应用举例

4.7 算术指令

算术指令属于输出指令。当梯级条件为真时，执行指定的算术运算。大多数算术指令使

用三个操作数：源 A、源 B 和目标值。使用两个源值执行数学运算，将结果存储在目标值中，如果运算结果超出控制器的极限值，则置位上溢出或下溢出状态位。

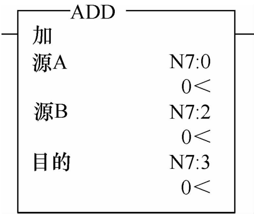
算术运算指令执行时，会根据运算结果对控制器中的系统标志位进行更新。与算术运算相关的主要标志位有：进位标志位 S：0/0、溢出标志位 S：0/1、零标志位 S：0/2 和符号标志位 S：0/3。算术指令主要功能见表 4-16。

表 4-16　算术指令功能表

助记符	名　　称	功　　能
ADD	加法指令(Add)	两值相加
SUB	减法指令(Subtract)	两值相减
MUL	乘法指令(Multiply)	两值相乘
DIV	除法指令(Divide)	一个值除以另一个值
SQR	二次方根指令(Square Root)	求值的二次方根
NEG	求反指令(Negate)	更改源值的符号并将其置于目标值中,当源值是正数时,目标值是负数
TOD	整数转化成 BCD 码	将源值转化为 BCD 码后存放到目的地址内
FRD	BCD 码转化成整数指令	将 BCD 码格式的源数转换为整数放到目的地址内
GCD	格雷码转换为整数指令	将源操作数中的格雷码格式的数据转换为整数,存放到目的地址内

1. 加法指令（ADD）

ADD 指令的梯形图符号表示为



ADD 指令将源 A 和源 B 的值相加，相加的结果和值存放到目的地址内。

分析图 4-22 所示梯形图程序，当按钮 0 由假变真时，执行一次加法指令，将 N7：2 与 N7：4 相加，结果放到 N7：2 中，如果结果大于 32 767，将发生溢出，S：0/1 被置位。梯形图程序中，ONS 指令是单触发指令，它使按钮 0 由假变真时，后面的输出指令只执行一次。如果去掉 ONS 指令，按钮 0 由假变真后，后面的输出指令在程序每次扫描时都会执行。

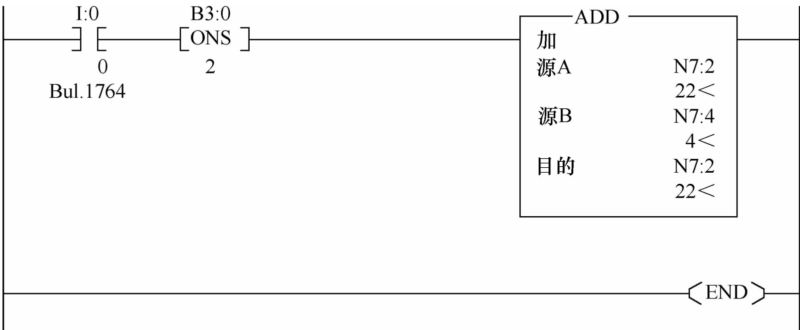
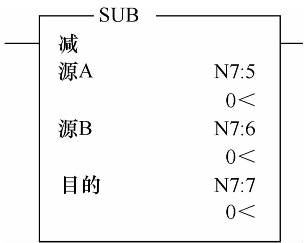


图 4-22　ADD 加法指令应用举例

2. 减法指令（SUB）

SUB 指令的梯形图符号表示为



SUB 指令使源 A 的值减去源 B 的值，计算结果值存放到目的地址内。

3. 乘法指令（MUL）

MUL 指令的梯形图符号表示为

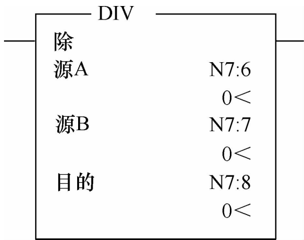


MUL 指令使源 A 的值乘以源 B 的值，计算结果存放到目的地址内。对于浮点数运算，运算 MUL 运算结果不影响算术寄存器 S：13 和 S：14；如果是整数运算，则算术运算寄存器存储乘法计算的结果；在源 A 和源 B 两数相乘发生溢出时，目的地址内的数据是 32767，但算术运算寄存器是 32 位，其中保持的结果是有效的。

例如：如果乘数是 10 000，被乘数是 4，计算结果存放在整数地址 N7：2 内，运算结果等于 40 000，超出 16 位二进制数的最大值，此时 N7：2 中存放的结果是 32 767，如果 S：2/14 =0，则算术运算寄存器 S：14、S：13 中的结果是 40 000。由此可见，控制器发生溢出时，运算寄存器内的结果还是有效的。

4. 除法指令（DIV）

DIV 指令的梯形图符号表示为



DIV 指令使源 A 的值除以源 B 的值，商四舍五入存放在目的地址内。不整除的商存放在算术运算寄存器的高位字 S：14 中，余数存放在算术运算寄存器的低位有效字 S：13 中。

例如：如果 A 数据是 5，B 数据是 2，则目的寄存器中是 3，且是 S：14 中为 2，S：13 中为 5。

例如：如果除数是 100，被除数是 3，商四舍五入为 33 放入目的地址中；不整除的商存放在算术运算寄存器的高位字 S：14 中，余数 1 存放在算术运算寄存器的低位有效字 S：13 中。

5. 二次方根（SQR）

SQR 指令的梯形图符号表示为



SQR 指令计算源值绝对值的二次方根，结果四舍五入存放在目的地址内。SQR 指令在计算负数的二次方根时不会出现溢出，所以在应用时首先使用比较指令检测源值是否为正数。

6. 取反指令（NEG）

NEG 指令的梯形图符号表示为



NEG 指令将源数据的符号改变后存放到目的地址内。例如，如果源值是 8，目的数据将是 -8。该指令中的两个数据都必须是地址，不能是常数。

ADD、SUB、MUL、DIV、NEG 指令执行时的结果对算术标志位的影响见表 4-17。

表 4-17　算术标志位的变化

状态位	状态位的变化
S:0/0	对于 ADD 和 SUB 指令，如果整数运算结果有进位或借位，该位被置位，否则被清 0；MUL 和 DIV 指令使进位标志位总是清 0；对于 NEG 指令，如果结果是 0 或发生溢出，则该位被清 0。对于所以浮点运算，该位都保持位 0
S:0/1	如果算术运算结果发生溢出，该位被置位
S:0/2	如果算术运算结果是 0，则该位被置位，否则被清 0
S:0/3	如果运算结果是负值，则该位被置位

7. 整数转换成 BCD 码（TOD）

TOD 指令的梯形图符号表示为



TOD 指令把 16 位整数值转换成 BCD 码。如果输入的整数值是负数，则转换其绝对值。

8. BCD 码转换成整数（FRD）

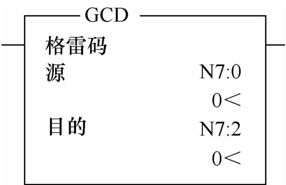
FRD 指令的梯形图符号表示为



FRD 指令把 BCD 码转换成 16 位整数值。如果源数据不符合 BCD 码格式则发生处理器出错。

9. 格雷码转换指令（GCD）

GCD 指令的梯形图符号表示为



GCD 指令将格雷码源数转换为整数值，并将其放到目标地址中。如果该格雷码输入是负的（高位被设置），则目标被设置为 32 767，溢出标志位 S：0/1 被置位。一些编码器的输出信号是格雷码格式的数据，使用该指令可以将采集到的编码器信号转换为常用的整数值。

绝对式编码器可以精确测量旋转角度或转速，但绝对式编码器输出的信号是格雷码，PLC 采集到格雷码信号后，需要进行格式转换，变成自然二进制后才能进行运算和处理。格雷码又叫循环二进制码或反射二进制码，是一种无权码，采用绝对编码方式，典型格雷码是一种具有反射特性和循环特性的单步自补码，它的循环、单步特性消除了随机取数时出现重大误差的可能，它的反射、自补特性使得求反非常方便。格雷码属于可靠性编码，是一种错误最小化的编码方式，因为，自然二进制码可以直接由数-模转换器转换成模拟信号，但某些情况，例如从 00000011 转换成 00000100 时，3 个位都发生变化，使数字电路产生很大的尖峰电流脉冲。而格雷码则没有这一缺点，它是一种数字排序系统，其中的所有相邻整数在它们的数字表示中只有一个数字不同。它在任意两个相邻的数之间转换时，只有一个数位发生变化。它大大地减少了由一个状态到下一个状态时逻辑的混淆。另外由于最大数与最小数之间也仅一个数不同，故通常又叫格雷反射码或循环码。表 4-18 为几种自然二进制码与格雷码的对照表。

表 4-18　二进制与格雷码对照表

十进制数	自然二进制数	格雷码	十进制数	自然二进制数	格雷码
0	0000	0000	8	1000	1100
1	0001	0001	9	1001	1101
2	0010	0011	10	1010	1111
3	0011	0010	11	1011	1110
4	0100	0110	12	1100	1010
5	0101	0111	13	1101	1011
6	0110	0101	14	1110	1001
7	0111	0100	15	1111	1000

二进制格雷码转换成自然二进制码，其法则是保留格雷码的最高位作为自然二进制码的最高位，而次高位自然二进制码为高位自然二进制码与次高位格雷码相异或，而自然二进制码的其余各位与次高位自然二进制码的求法相类似。

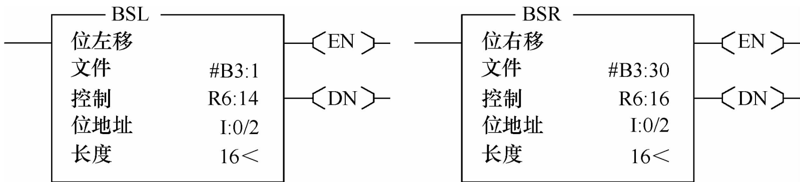
4.8　移位指令

移位指令属于输出指令。每一次梯级条件由假变真时，移位指令把指定地址内的数据向指定方向整体移动一位。移位指令助记符及主要功能见表 4-19。

表 4-19　移位指令控制文件结构

字号	位号	名称和作用
字 0	15	使能位 EN,在梯级条件由假变真时,该位被置位
	13	完成位 DN,当该位被置位时,表明位队列已经完成了移位
	11	错误位 ER,当置位时,表明指令执行时发生了错误
	10	卸载位 UL,存储指令每次移位时从最高位或最低位移出的位
字 1		长度值,指定位队列的长度
字 2		不使用

位左移（BSL）指令和位右移（BSR）指令的梯形图符号表示为



移位指令在每次梯级条件由假变真时使整个队列向左或向右移动一位。移位时补入的位由位地址指定的位提供，移除的位放入到指令控制字的卸载位中。当该指令执行时变址寄存器 S：24 的值被清 0，因此程序中如果用到变址寄存器的值需要通过程序保存变址寄存器的值，并在移位指令执行后，再将保持的值恢复到变址寄存器中。

使用移位指令时，需要输入 4 个参数：

1）文件（File）：所要移位的位队列的地址，地址必须指定到字。

2）控制（Control）：用于存储移位指令的状态字和队列大小的控制字，如 R6。

3）位地址（Bit Address）：指当移位时，空出的最低位或最高位需要补入位的来源。

4）长度（Length）：指位队列中位的数量，也就是整个位队列的长度。

当梯级条件由假变真时，BSL 指令对 File 文件指定的数据向左（向高位）移动一位，由位地址指定的一位被移入最右位（最低位）。文件中的最高位被移出到卸载位中。图 4-23 所示的梯形图程序中，要左移的整个队列是指文件 N7 中的第 1 个字节的第 0 ~ 15 位，一共 16 个位，其中最高位是第 15 位，最低位是第 0 位。当按钮 1 由 OFF 变为 ON 时，队列移位 1 次，整个队列向左移动 1 位，最低位装入 I：0/2 的值，移出的最高位放入到控制文件 R6：14 这个字节中的第 10 位 UL 状态位中。

与 BSL 指令相类似，BSR 指令的梯级条件由假变真时，BSR 指令对 File 文件指定的数据向右（向低位）移动一位。由位地址指定的一位被移入最左位（最高位）。文件中的最低位被移出到卸载位中。图 4-23 所示梯形图程序中，要右移的整个队列是指文件 B3 中的第 30 个字节的第 0 ~ 31 个字节的第 1 位，一共 18 个位，其中最低位是 30 字节的第 0 位，最高位是 31 字节的第 1 位。当按钮 2 由 OFF 变为 ON 时，队列移位 1 次，整个队列向右移动 1 位，

最高位装入 I：0/2 的值，移出的最低位放入到控制文件 R6：16 这个字节中的第 10 位 UL 状态位中。

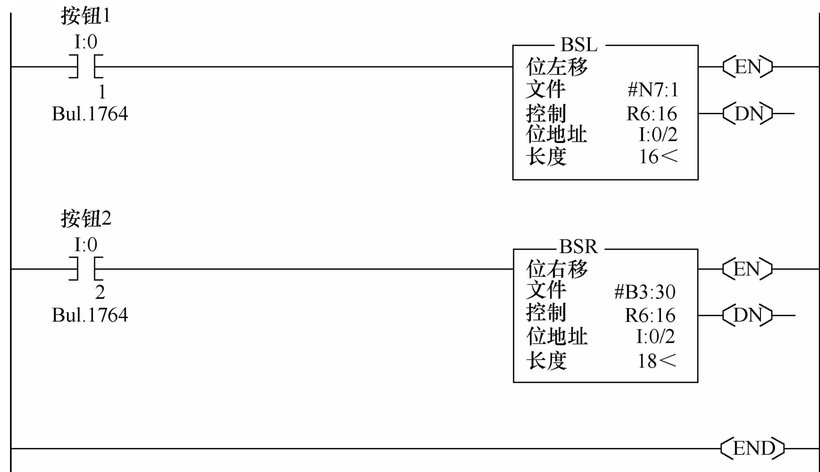


图 4-23　移位指令应用举例

例 1：流水灯控制。PLC 输出端 O：0/0 到 O：0/2 连接 3 个指示灯，让这 3 个指示灯轮流点亮，时间间隔是 2s。

实现上述功能的梯形图程序如图 4-24 所示，在程序中，第 1 条指令是起动指令，当按钮 1（连接 I：0/6，该按钮为不带锁的按钮）按下时将 B3：0/0 置位，将 B3：0/1 和 B3：0/2 清 0，定时器 T4：1 实现 2s 中的定时，每当定时时间到后，队列 B3：0/2、B3：0/1、B3：0/0 向左移动一次，其中最低位补入 R6：12/10（从队列中卸载的存储在 UL 中的位）。

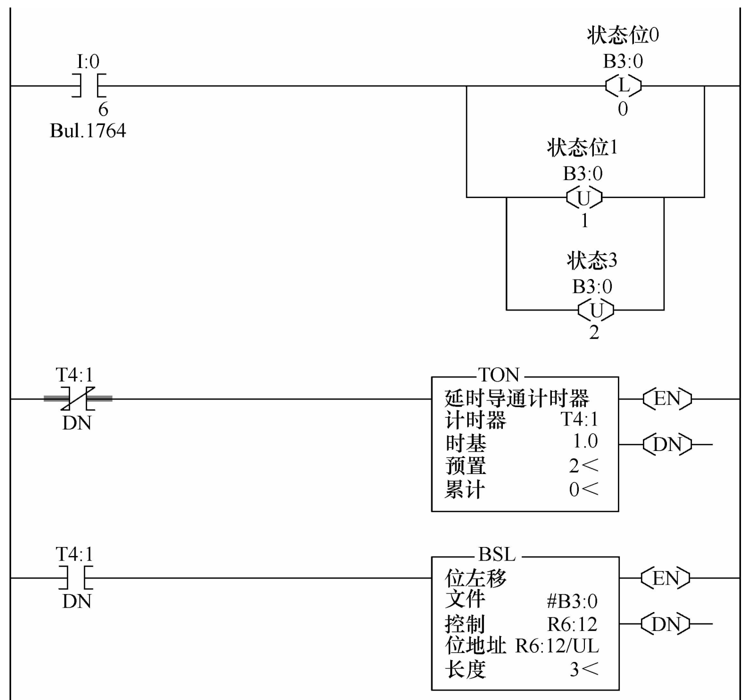


图 4-24　流水灯梯形图程序

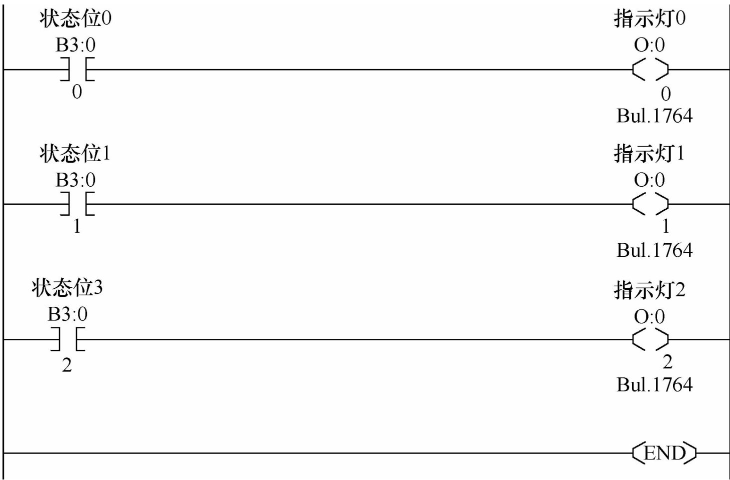


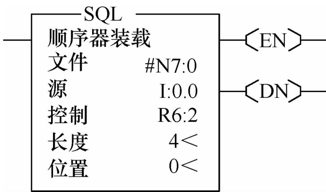
图 4-24　流水灯梯形图程序（续）

4.9　顺序控制指令

顺序控制指令共有 7 条，分别是顺序器装载指令（SQL）、顺序器输出指令（SQO）和顺序器比较指令（SQC）、FIFO 装入（FFL）及 FIFO 卸出（FFU）、LIFO 装入（LFL）和 LIFO 卸出（LFU）。

1. 顺序器装入（SQL）

SQL 指令的梯形图符号表示为



顺序器装入指令将源地址中的数据装入文件中，装入的个数由长度参数设置。对顺序器装入指令编程时需要输入下列参数：

1）文件（File）：输入顺序器文件的起始地址，用于存储装入的 16 位数值。

2）源（Source）：输入源文件的地址，装入文件的来源。可以是 PLC 的输入文件，也可以是 N7 整数文件。

3）控制（Control）：用于存储顺序器文件指令的状态字和长度值等信息的控制字。顺序器指令控制文件的结构见表 4-20。

4）长度（Length）：是顺序器队列的长度，不包含起始地址在内，如果长度是 4，起始地址是 N7：0，则整个队列是 N7：1、N7：2、N7：3、N7：4，一共是 4 个。

5）位置（Position）：显示指令的位置指针值。

如果起动指令时的位置指针值等于 0，则控制器从编程模式变为运行模式时，指令根据第一次扫描时梯级条件的真或假执行下列操作：第一次扫描时如果梯级条件为真，顺序装载指令将源数据装载到队列的首地址处，也就是位置“0”指向的队列地址（N7：0）；第一次

扫描时如果梯级条件为假，当条件由假变真时，将向位置“1”（N7：1）指向的队列地址上装入源文件的数值，N7：0 中的数据不变。

表 4-20 顺序器控制指令控制文件结构

字号	位号	名称和作用
字 0	15	使能位 EN，在梯级条件由假变真时，该位被置位
	13	完成位 DN，当顺序器文件的最后一个字被处理后，顺序器指令置位该位。在梯级条件变假后的下一次梯级条件由假到真变化时，该位被清 0
	11	错误位 ER，当置位时，表明指令执行时发生了错误。如设置的长度值是 0 或负数，位置值是负数时都会发生错误，该位会被置位
	08	发现位 FD，只用于 SQC 指令，当源地址中的数据所有非屏蔽的状态位与对应的参考值匹配时，指令置位 FD，每次 SQC 指令执行时都访问该位
字 1		长度值 Length，顺序器文件需要移动的数据的个数
字 2		位置值 Position，显示顺序器文件的移步位置，程序下载上电后该位为 0，当梯级条件由假变真时，该位值自动加 1，当位置值等于设定的长度后，下一次梯级条件由假变真时，该位变为 1

例如，在图 4-25 中顺序器装载指令要装载的源文件是 I：0.0，也就是 PLC 输入端子中位于 0 槽的第 0 个输入字（从端子 I：0/0 到端子 I：0/15，一共 16 个输入端子），将源文件装载到队列中，其中队列的长度是 3，N7：1 是队列的首地址，依次是 N7：2、N7：3、N7：4。控制字是 R6：1。程序执行时，当按钮由 OFF 变到 ON 时，将端口 I：0.0 的值装入队列一次，装入位置可以根据队列的位置指针得到。当 I：0.0/1 闭合 3 次后，位置值 Position 为 3，N7：2、N7：3、N7：4 中的数值均为 2，R6：1/DN 为真，O：0/1 有效。若位置值 Position 为 2，当前 I：0.0/0 已经闭合有效，此时再闭合 I：0.0/1，I：0.0 中的数据为 3，这时装入到 N7：4 中的数据是 3。

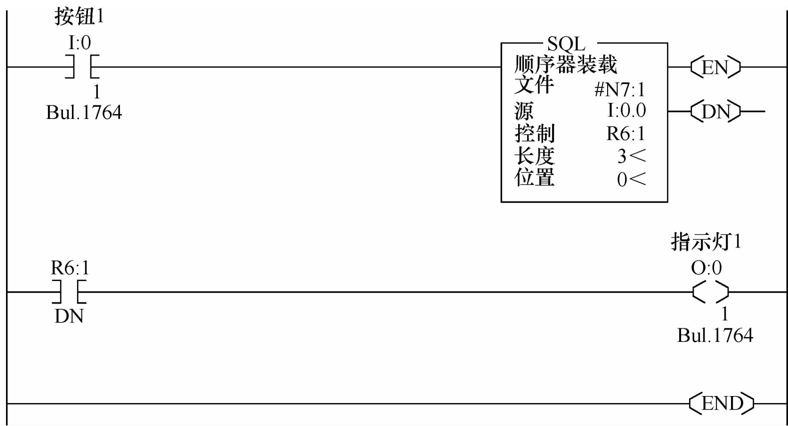
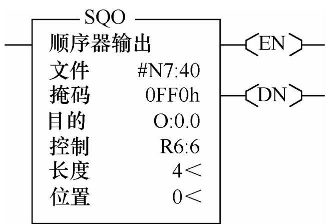


图 4-25 顺序器指令应用举例

2. 顺序器输出（SQO）

SQO 指令的梯形图符号表示为



SQO 指令将文件队列中的 16 位整数依次输出到目的文件中。对顺序器输出指令编程时需要输入下列参数：

1）文件（File）：输入将要传送的队列的首地址。此处输入的是 16 位数据的地址。

2）掩码（Mask）：输入掩码，掩码的作用是将队列中的数值传送到目的地址时，对数据进行处理，只有对应的掩码位为 1 时，传送数据的该位才能通过，对应的掩码位为 0 时，传送数据的该位不能通过。

3）目的（Dest）：队列中的数据需要传送到的目的地址。

4）控制（Control）：用于存储顺序器文件指令的状态字和长度值等信息的控制字。顺序器指令控制文件的结构见表 4-20。

5）长度（Length）：顺序器队列的长度，不包含起始地址在内，如果长度是 4，起始地址是 N7：0，则整个队列是 N7：1、N7：2、N7：3、N7：4，一共是 4 个。

6）位置（Position）：显示指令的位置指针值。

如果启动指令时的位置值等于 0，则控制器从编程模式变为运行模式时，指令根据第一次扫描时梯级条件的真或假执行下列操作：如果梯级条件为真，则指令将向目标地址传送队列的首地址处的数值，也就是位置“0”指向的地址中的数据（N7：40）；如果梯级条件为假，当条件由假变真时，将向目标地址传送位置“1”（N7：41）指向的地址中的数值。

例如，图 4-26 中，该梯形图程序实现了单按钮的起/停控制。在顺序器输出指令 SQO 中，队列的长度是 2，首地址是 N7：0，掩码是 0001H，只有最低位可以输出，也就是队列中的最低位可以输出到 O：0/0。设置 N7：1 = 0001H，N7：2 = 0000H。第 1 次按下按钮时，将 N7：1 中的数据传送到输出端口 O：0.0，因为除最低位外，所以位都被屏蔽，所以只有 O：0.0 位被置位，其余各个输出位被清 0；第 2 次按下按钮时，将 N7：2 中的数据送到输出端口，O：0.0 被清 0。

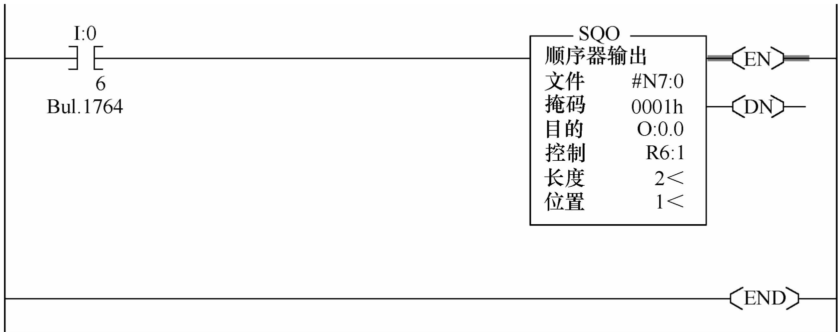
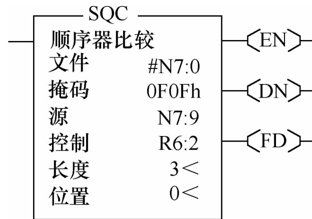


图 4-26　顺序器输出指令 SQO 指令应用举例

3. 顺序器比较（SQC）

SQC 指令的梯形图符号表示为



SQC 指令将队列中的数据中没有屏蔽的位依次与源数据进行比较，如果没有屏蔽的位与源数据中的位依次匹配时，指令发现位 FD 被置位。SQC 中的其他参数与顺序器输出指令 SQO 和顺序器装载指令 SQL 相同。

通过数据监控设置数据 N7：1 = 1；N7：2 = 3；N7：3 = 6；N7：9 = 19。在图 4-27 所示梯形图程序中，将文件中的 3 个数据 N7：1、N7：2、N7：3 依次与 N7：9 比较，其中 8 个位被屏蔽，只比较剩余的 8 个位，即高 8 位中的低 4 位和低 8 位中的低 4 位。当按钮 0 第 1 次出现从 OFF 到 ON 的跳变时，比较 N7：1 与 N7：9；按钮 0 第 2 次出现从 OFF 到 ON 的跳变时，比较 N7：2 与 N7：9；按钮 0 第 3 次出现从 OFF 到 ON 的跳变时，比较 N7：3 与 N7：9；当按钮 0 第 4 次出现从 OFF 到 ON 的跳变时，位置值显示 1，又指向队列比较开始的数据 N7：1，再次比较 N7：1 与 N7：9。根据设置的数值，只有比较 N7：2 与 N7：9 时，经过掩码 0F0FH，屏蔽掉低 8 位中的高 4 位后，两个数据匹配，FD 状态位被置位。

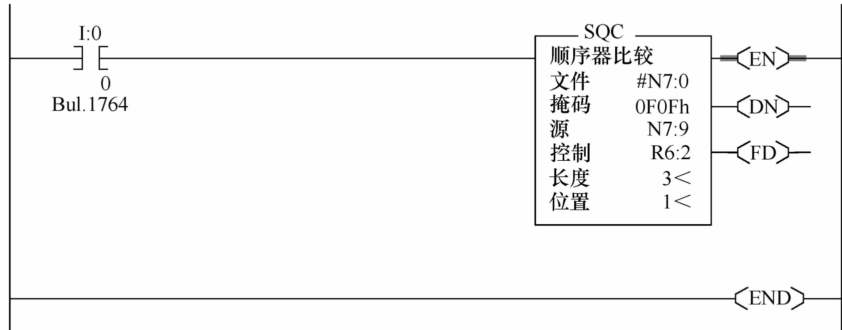
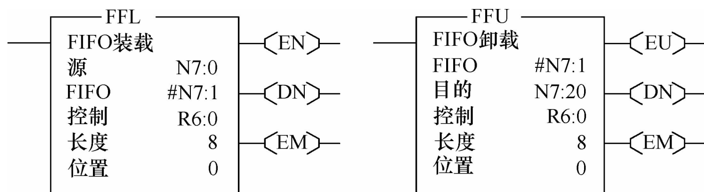


图 4-27 SQC 顺序器比较指令应用举例

4. FIFO 装入（FFL）**和 FIFO 卸出**（FFU）

FFL 指令和 FFU 指令的梯形图符号表示为



FFL 和 FFU 指令是成对使用的。使用它们用来保存数据、取出数据。FFL 指令把数据装入用户创建的 FIFO 堆栈文件内，FFU 指令将装载的数据从 FIFO 堆栈中移出来。它们对堆栈内的数据操作时遵循先进先出的原则。

对于 FFL 指令，当梯级条件由假变真时，指令将源数据装入堆栈中由位置参数指定的相对偏移地址上，然后位置值增加 1，直到堆栈满为止。当堆栈满时，状态位 DN 被置位，禁止原值再装入堆栈。

对于 FFU 指令，当梯级条件由假变真时，指令将堆栈中起始地址上的数值卸载到目标地址，然后堆栈中的所有数值都向起始地址方向移动一个元素，位置值减 1，直到堆栈空为止，当堆栈空时，堆栈空位 EM 被置位。

当使用 FFL 和 FFU 指令时，对于同一个堆栈，指令中的 FIFO 参数和控制参数及长度参数设置需要相同。

图 4-28 所示的梯形图程序中，设定堆栈的起始地址是 N7：1，堆栈长度是 8 个字，即堆栈从 N7：1 开始到 N7：8 结束，控制字是 R6：0。当按钮 0 由 OFF 变到 ON 时，将源地址 N7：0 处的数据装入堆栈 N7：1，按钮 0 再次有效时，将 N7：0 中的数据装入 N7：2，N7：1 中的数据保持不变。每装入一次，位置值增加 1，当位置值等于 8 时，状态位 DN 被置位，此时，堆栈已满，FFL 指令被终止。

当按钮 1 由 OFF 变到 ON 时，堆栈中起始位置的数据被卸载到目标地址，堆栈中所有数据都向前移动一个元素，即 N7：2 上的数据移动到 N7：1，N7：3 上的数据移动到 N7：2，依次类推，N7：8 上的数据移动到 N7：7，N7：8 被清 0，并且位置值减 1，当堆栈空时，状态位 EM 被置位，此时停止出栈操作。

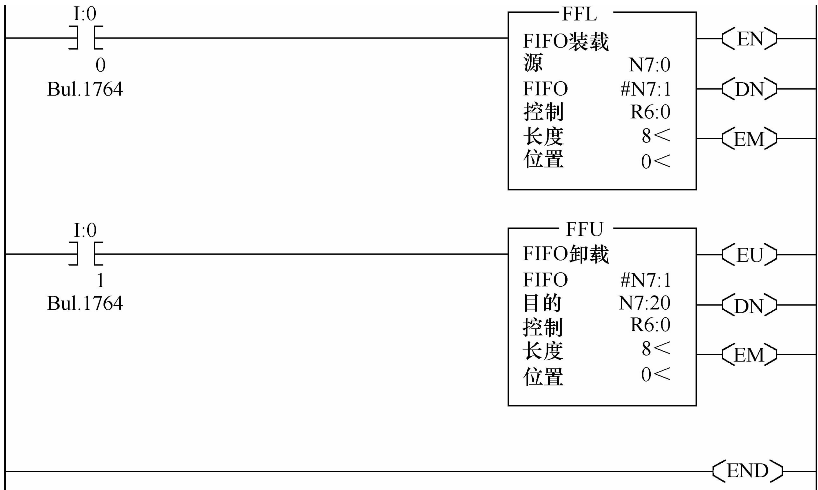
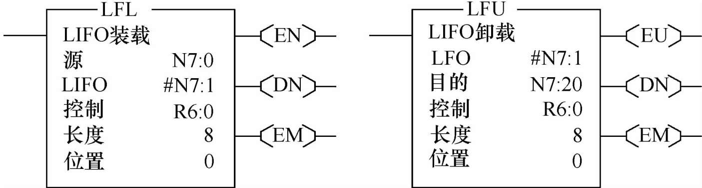


图 4-28 FFL 和 FFU 堆栈指令应用举例

5. LIFO 装入（LFL）**和 LIFO 卸出**（LFU）

LFL 指令和 LFU 指令的梯形图符号表示为



LFL 和 LFU 指令是成对使用的。使用它们用来保存数据、取出数据。LFL 指令把数据装入用户创建的 LIFO 堆栈文件内，LFU 指令将装载的数据从 LIFO 堆栈中移出来。它们对堆

栈内的数据操作时遵循先进后出，后进先出的原则。

对于 LFL 指令，当梯级条件由假变真时，指令将源数据装入堆栈中由位置参数指定的相对偏移地址上，然后位置值增加 1，直到堆栈满为止。当堆栈满时，状态位 DN 被置位，禁止原值再装入堆栈。

对于 LFU 指令，当梯级条件由假变真时，指令将堆栈中由位置参数指定的相对偏移地址上的数据卸载到目标地址，然后位置值减 1，直到堆栈空为止。当堆栈空时，状态位 EM 被置位。

当使用 LFL 和 LFU 指令时，对于同一个堆栈，指令中的 LIFO 参数和控制参数及长度参数设置需要相同。

图 4-29 所示的梯形图程序中，设定的堆栈起始地址是 N7：1，堆栈长度是 8 个字，即堆栈从 N7：1 开始到 N7：8 结束，控制字是 R6：0。当按钮 0 由 OFF 变到 ON 时，将源地址 N7：0 处的数据装入堆栈 N7：1，按钮 0 再次有效时，将 N7：0 中的数据装入 N7：2，N7：1 中的数据保持不变。每装入一次，位置值增加 1，当位置值等于 8 时，状态位 DN 被置位，此时，堆栈已满，停止执行装载 LFL 指令。

当按钮 1 由 OFF 变到 ON 时，堆栈 N7：8 中的数据首先被装载到目标地址 N7：20 中，当按钮 1 再次有效时，N7：7 中的数据被装载到 N7：20 中，体现后进先出的原则。每装载一次，位置值减 1，直到位置值为 8，LFU 指令被终止。被装载堆栈中的数据保持不变（N7：1 ~ N7：8）。

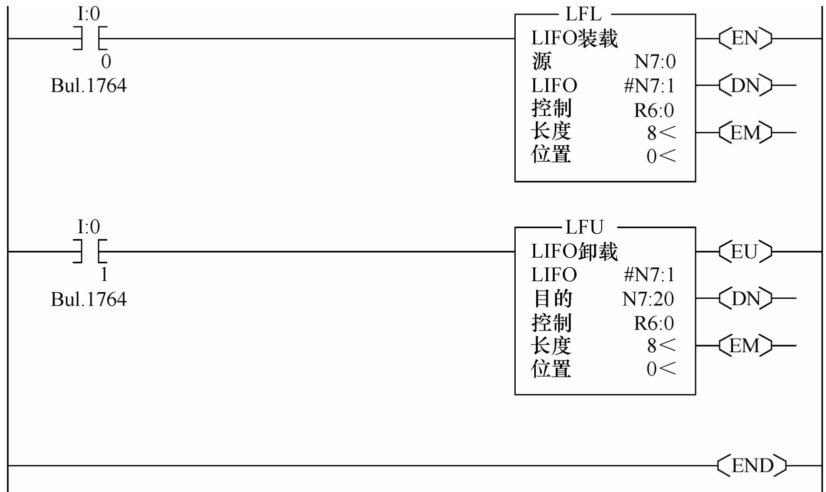


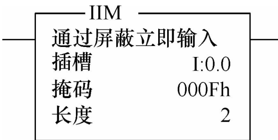
图 4-29 LFL 和 LFU 指令应用举例

4.10 输入/输出指令

MicroLogix1500 控制器的输入/输出相关指令共有 5 条，它们是立即输入（IIM）、立即输出（IOM）、I/O 更新指令（REF）、通信服务（SVC）和信息指令（MSG），下面分别进行介绍。

1. 立即输入（IIM）

IIM 指令的梯形图符号表示为



IIM 指令仅被用于嵌入式 I/O，对扩展 I/O 无效。

当 IIM 指令被启用时，程序扫描被中断，来自指定 I/O 插槽的数据被通过一个屏蔽传输到输入数据文件。这使得梯形图程序中 IIM 指令之后的指令可以获得数据。

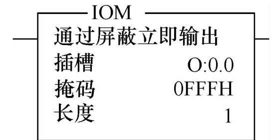
参数“插槽”是指要读入的数据的插槽和字。如果字是0，则不必指定。例如：I：0.0 表示插槽0的第0字的输入。

掩码参数是对输入字中的一些位进行屏蔽，当掩码中的位是1时，立即读入该位；当掩码中的位是0时，不读入该位。

长度参数是指需要读入的输入字节的个数。例如：槽参数设为 I：0.0，长度值设为2时，需要立即读入 I：0.0 和 I：0.1 两个字节。

2. 立即输出（IOM）

IOM 指令的梯形图符号表示为



IOM 指令仅被用于嵌入式 I/O，对扩展 I/O 无效。

该输出指令允许你在正常的输出扫描之前更新输出。当 IOM 指令被启用时，程序扫描被中断，通过一个屏蔽码将数据传输到指定的 I/O 插槽。然后，程序再继续扫描。指令中槽参数、掩码参数和长度参数的设定与 IIM 指令相同。

3. I/O 更新指令（REF）

REF 指令的梯形图符号表示为



执行 REF 指令将中断程序扫描以执行 I/O 扫描（读输入、写输出、服务通信），然后，程序再继续扫描。特别需要注意的是，不要在一个程序循环内放入 REF 指令，除非彻底分析了该程序。当执行 REF 指令时，监控定时器（Watchdog）和扫描定时器将被复位。

REF 指令不能在 STI、HSC、EII 或用户故障处理程序中被执行。

4. 通信服务（SVC）

SVC 指令的梯形图符号表示为



SVC 指令属于输出指令，该指令的执行使正常的程序扫描被中断，然后去执行服务通信指令（MSG 指令），最后再回到 SVC 指令的下一条指令上继续执行程序扫描。处理器一般在梯形图程序的一个扫描周期结束后才会扫描通信端口，如果要求通信端口被更多次的扫描或要优先执行 MSG 指令时，可以使用 SVC 指令。SVC 指令可以提高通信的性能和吞吐量，但它使整个梯形图程序扫描时间变得更长。

5. 信息指令（MSG）

MSG 指令的梯形图符号表示为



MSG 信息指令属于输出指令，它可以使控制器和其他设备通信。使用该指令时需要设置文件参数和画面参数。

4.11　程序流程指令

程序流程指令控制梯形图程序执行的顺序。合理的使用这些指令，可提高程序的执行效率和可读性，也有利于程序的故障检测。程序流程指令的功能见表 4-21。

表 4-21　程序流程指令的功能

助记符	名　　称	功　　能
JMP 和 LBL	程序跳转和标号	跳转到指定的标号处
JSR、SBR 和 RET	跳转到子程序、子程序开始和子程序返回	跳转到指定的子程序文件并返回
TND	程序暂停	暂时停止程序执行
SUS	中断	程序调试和系统故障处理时，识别的特定条件
MCR	主程序恢复	关断梯形图程序中部分区域内的所有非保持型输出

1. 程序跳转（JMP、LBL）

JMP 指令是输出指令，LBL 指令是输入指令，这两条指令要成对使用，JMP 指令使处理器在执行梯形图程序时跳过一些梯级，程序跳转到指定的标号处执行，LBL 指令用于指定标号。若跳转指令为真，则处理器从 JMP 梯级跳到 LBL 梯级继续执行程序，而且既可以向前跳，也可以向后跳。若跳转指令为假，则程序忽略 JMP 指令，继续执行下一条指令。向后跳转到一个标号省略了某段程序，故而缩短了扫描时间；向前跳转可使处理器反复执行一段程序，直到其逻辑完成为止。JMP 和 LBL 指令标号的设置范围为 0 ~ 999。

图 4-30 所示梯形图中，当 I：0/7 使能，程序便跳过第 2 行，直接执行第 3 行。当 I：0/7 断开，程序不跳转，继续执行第 2 行。当 I：0/7 使能时，第 2 条指令不能被扫描，因此输出点 O：0/1 保持 OFF 状态。

2. 跳转到子程序（JSR、SBR、RET）

在梯形图程序中，经常把一些具有某种功能的程序块做成子程序，这样可以使程序更加清晰，并且节省存储空间。JSR 指令是输出指令，参数“SBR 文件号”是指要跳转的子程序号。当程序跳转到子程序后，对子程序执行一次扫描，然后返回到断点处，继续执行跳转指令的下一条梯级。SBR 指令用在子程序的开始，RET 指令用于结束子程序。

JSR 指令应用如图 4-31 所示。当 I：0. 0/7 有效时，程序在该处设置断点，并跳转到 3 号子程序文件，顺序执行 3 号子程序中的程序代码。当扫描到 RET 指令时，表示该子程序结束，跳出子程序并返回原断点继续执行。

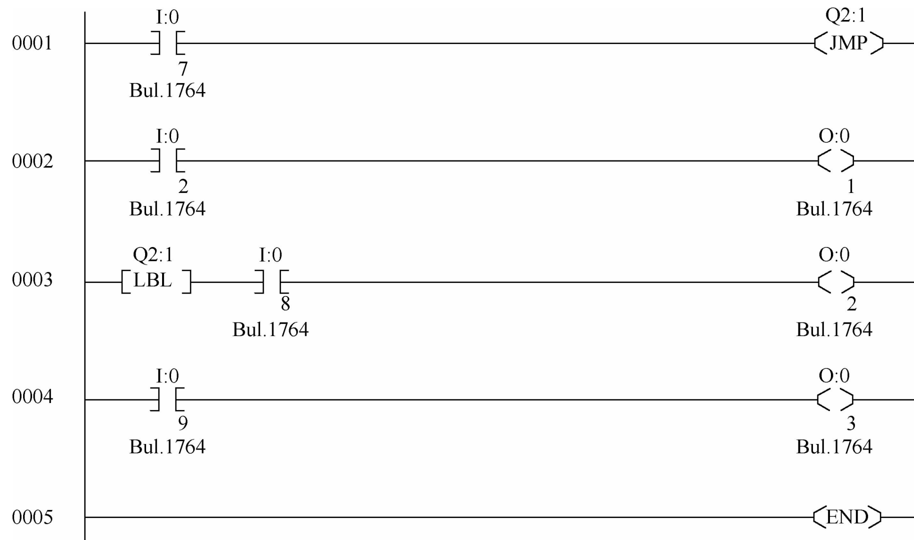


图 4-30　跳转指令应用举例

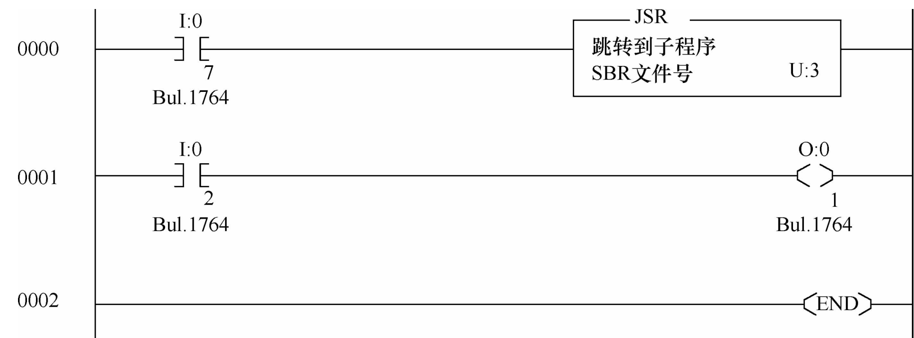


图 4-31　JSR 指令应用举例

3 号子程序应用如图 4-32 所示。

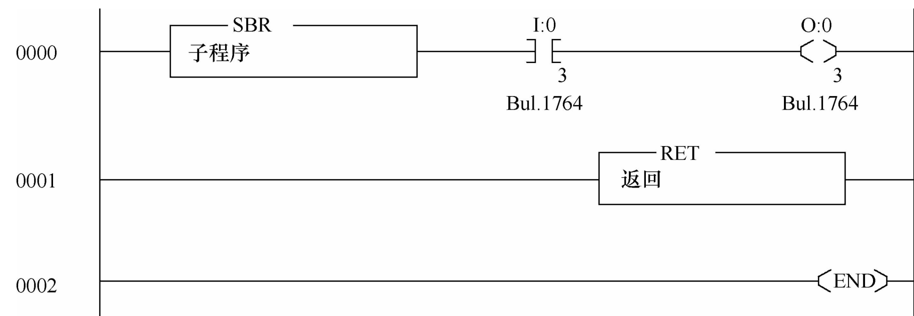


图 4-32　子程序应用举例

新建子程序的方法为：

1）打开 RSLogix 500 编程界面。

2）鼠标右键单击左边目录中的“Program Files”。

3）在弹出的菜单中单击“New”。

4）弹出“Create Program File”对话框。填入欲创建的子程序号（3～255），单击“OK”即可。

在使用 JSR 指令时，应注意：

1）每个子程序必须有唯一的文件号。

2）除了子程序文件的第一个 SBR 指令外，主程序不能跳转到子程序中任何其他的地方。

3）可以嵌套多达 8 个子程序文件。

在一个程序文件中可嵌套多达 8 个子程序。也就是说，只要子程序不超过 7 级，便可让处理器从主程序跳向一个子程序，然后再从一个子程序跳转到另一个子程序。处理器返回路径与此相反，在 RET 指令处，处理器自动返回到先前 JSR 指令后的下一条指令，并且在返回主程序之前一直遵循此执行过程。

3. 暂停（TND）

当 TND 指令梯级条件为真时，处理器停止扫描程序的其余部分并更新 I/O，然后从主程序的第一条指令处重新开始扫描程序，如图 4-33 所示。

在调试程序或查找程序故障时，可插入 TND 指令，它只允许程序运行到它所在的程序为止。在程序中逐步移动此指令，可以调试一段新的程序。



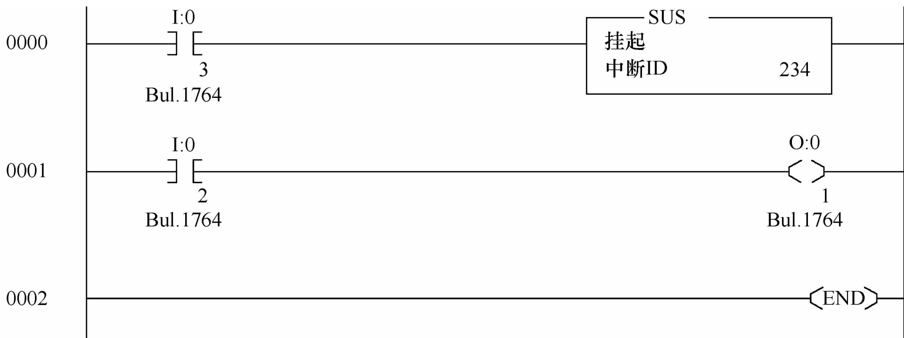
图 4-33　TND 指令应用举例

4. 中断（SUS）

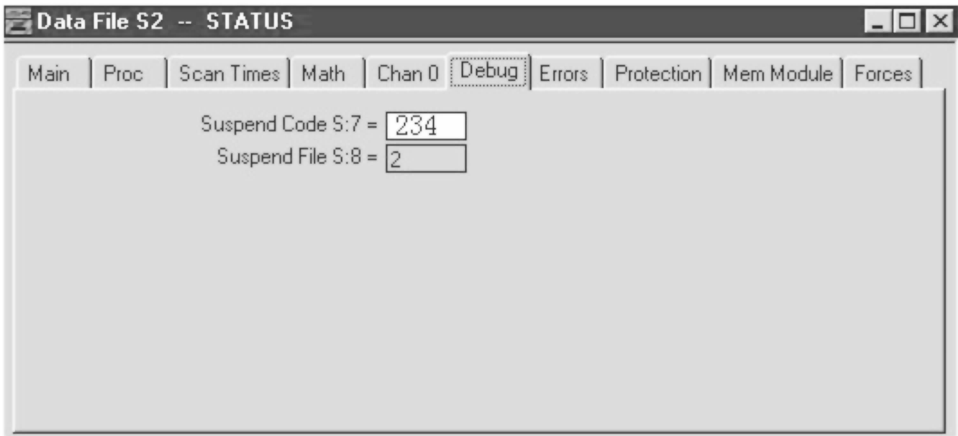
当 SUS 指令执行时，它使处理器进入挂起模式并且在状态文件的字 S：7 中存储挂起 ID，所有输出被停止使能。在程序调试和系统故障检测时用这一指令可获得或查明具体原因条件。

当编程该指令时输入挂起 ID，编号范围是 −32 768～32 767。

例如，图 4-34a 所示梯形图，当 I：0/3 为 ON 时，执行 SUS 指令，它使处理器挂起，程序中断执行。打开状态文件（见图 4-34b），可看到 S：7 的值为 234，中断文件号为 2（主文件）。



a) 梯形图



b) 状态文件

图 4-34　SUS 指令应用举例

5. 主控程序（MCR）

成对使用 MCR 指令可创建一程序区域。它可关断该区域内所有非保持型输出。MCR 指令在其前面的梯级条件为假时起作用。当开始的 MCR 梯级条件为假时，无论每个梯级各自的输入条件怎样，MCR 都复位所有非保持型输出指令。当开始的 MCR 梯级条件为真时，每个梯级根据各自的输入条件执行 MCR 区域（好像 MCR 不存在一样）。

例如，当 I：0/3 使能时，好像 MCR 指令不存在，程序继续执行下一步。当 I：0/3 断开时，无论 I：0/2 是否使能，O：0/1 都无效。MCR 指令应用举例如图 4-35 所示。

当用 MCR 指令编程时，应注意：

1）一定要成对使用 MCR 指令，必须用无条件 MCR 指令结束程序区。

2）不能在一个 MCR 区内嵌套另一个 MCR 区。

3）不要从其他程序跳转到 MCR 区内。如果 MCR 区条件为假，跳转到此区会使此区被激活。

4）在 MCR 区域启动计时器或计数器时，当 MCR 指令起作用时，这些指令会被复位。

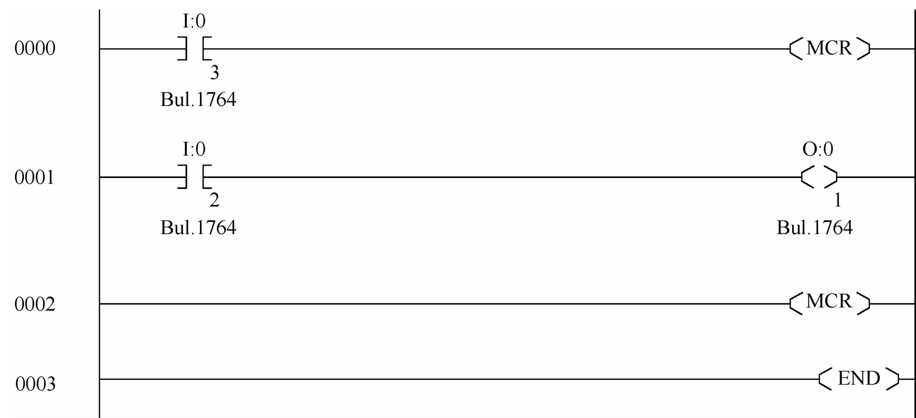


图 4-35　MCR 指令应用举例

4.12　基本指令应用举例

例 1：交通灯控制。

要求红灯亮的时间是 7s，绿灯亮的时间是 5s，黄灯亮的时间是 2s，其中，当绿灯还剩最后 2s 时，以 0.5s 的时间间隔闪烁，黄灯亮时，也是以 0.5s 的时间间隔闪烁。

分析：4.3 节中实现的交通灯控制程序，需要多个定时器，程序设计复杂。在此，考虑使用顺序装入指令，来实现本程序的功能。由于灯的闪烁间隔是 0.5s，所以首先建立一个 0.5s 的脉冲串，每隔 0.5s 将队列中的数据装载到输出端一次。此例中，红、绿、黄三个灯的总时间是 14s，所以总队列长度应该是 28。系统中 6 个灯的状态变化规律见表 4-22。

表 4-22　交通灯控制系统灯亮灭变化表

时间/s	南北方向绿灯	南北方向黄灯	南北方向红灯	东西方向红灯	东西方向绿灯	东西方向黄灯	二进制编码	十进制值
0	亮	灭	灭	亮	灭	灭	100100	36
0.5	亮	灭	灭	亮	灭	灭	100100	36
1	亮	灭	灭	亮	灭	灭	100100	36
1.5	亮	灭	灭	亮	灭	灭	100100	36
2	亮	灭	灭	亮	灭	灭	100100	36
2.5	亮	灭	灭	亮	灭	灭	100100	36
3	灭	灭	灭	亮	灭	灭	000100	4
3.5	亮	灭	灭	亮	灭	灭	100100	36
4	灭	灭	灭	亮	灭	灭	000100	4
4.5	亮	灭	灭	亮	灭	灭	100100	36
5	灭	亮	灭	亮	灭	灭	010100	20
5.5	灭	灭	灭	亮	灭	灭	000100	4
6	灭	亮	灭	亮	灭	灭	010100	20

（续）

时间/s	南北方向绿灯	南北方向黄灯	南北方向红灯	东西方向红灯	东西方向绿灯	东西方向黄灯	二进制编码	十进制值
6. 5	灭	灭	灭	亮	灭	灭	000100	4
7	灭	灭	亮	灭	亮	灭	001010	10
7. 5	灭	灭	亮	灭	亮	灭	001010	10
8	灭	灭	亮	灭	亮	灭	001010	10
8. 5	灭	灭	亮	灭	亮	灭	001010	10
9	灭	灭	亮	灭	亮	灭	001010	10
9. 5	灭	灭	亮	灭	亮	灭	001010	10
10	灭	灭	亮	灭	灭	灭	001000	8
10. 5	灭	灭	亮	灭	亮	灭	001010	10
11	灭	灭	亮	灭	灭	灭	001000	8
11. 5	灭	灭	亮	灭	亮	灭	001010	10
12	灭	灭	亮	灭	灭	亮	001001	9
12. 5	灭	灭	亮	灭	灭	灭	001000	8
13	灭	灭	亮	灭	灭	亮	001001	9
13. 5	灭	灭	亮	灭	灭	灭	001000	8

根据以上分析，梯形图程序如图 4-36 和图 4-37 所示。

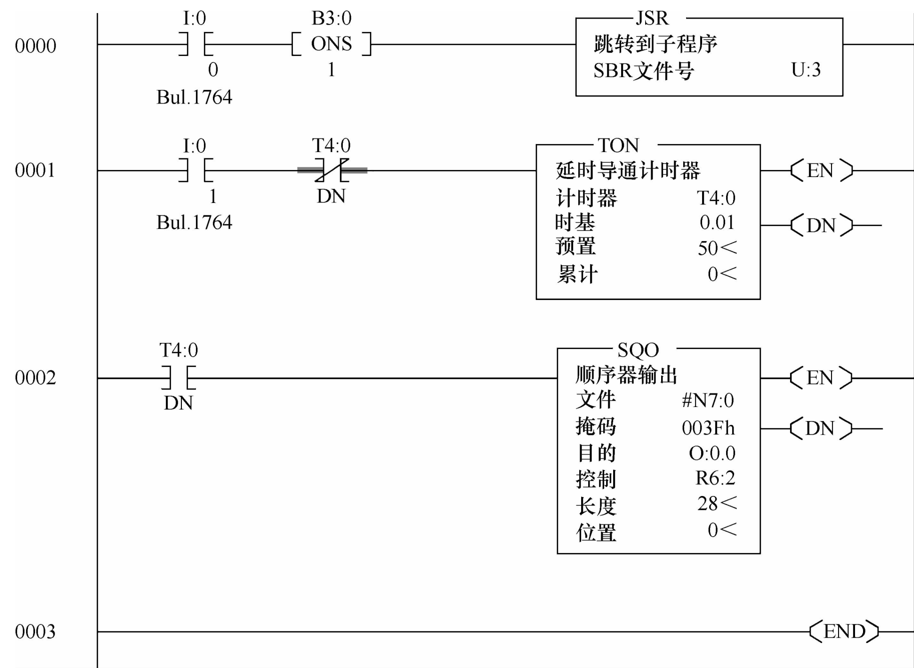


图 4-36　使用顺序输出指令实现交通灯控制主程序

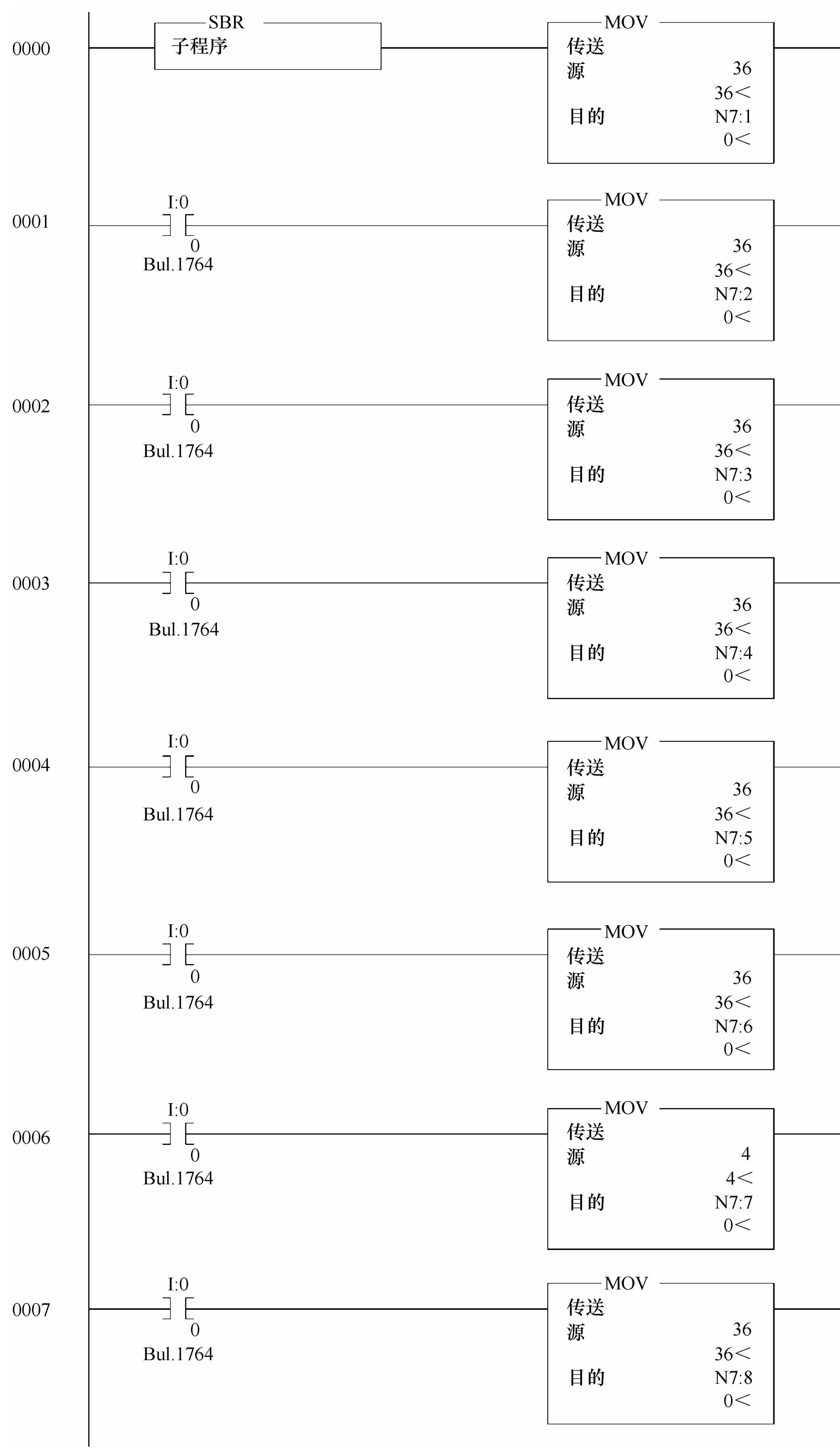


图 4-37　装载数据功能的子程序片段

例 2：液体混合控制系统。

系统工作原理如图 4-38 所示。按下起动按钮，开始如下操作：

1）电磁阀 Y1 闭合（Y1 为 ON），开始注入液体 A，至液面高度 L2 时（此时 L2 和 L3 均为 ON），停止注入（Y1 为 OFF），同时开启液体 B 注入电磁阀 Y2（Y2 为 ON），注入液体 B，当液面升至 L1 时（L1 为 ON），停止注入（Y2 为 OFF）。

2）停止液体 B 注入时，开启搅拌电动机 M，搅拌时间为 10s。

3）停止搅拌后放出混合液体（排空阀 Y3 为 ON），当液面高度降为 L3 时，再经 5s 停止放空（Y3 为 OFF），如此反复运行。

4）按下停止键停止操作。

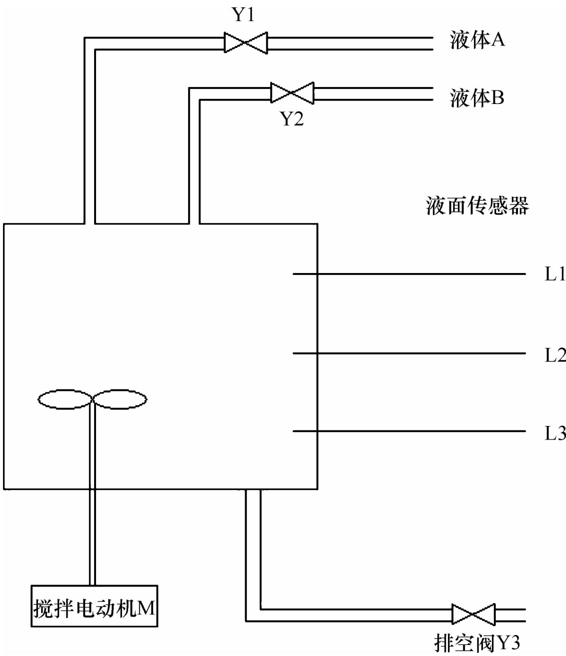


图 4-38　液体混合控制系统工作原理图

PLC 输入/输出接线见表 4-23。

表 4-23　PLC 输入/输出各点的功能

输入点	功　　能	输出点	功　　能
I:0/0	起动按钮	O:0/0	控制液体 A 注入阀 Y1 继电器
I:0/1	停止按钮	O:0/1	控制液体 B 注入阀 Y2 继电器
I:0/2	液位传感器 L1	O:0/2	控制排空阀 Y3 继电器
I:0/3	液位传感器 L2	O:0/3	控制搅拌电动机 M 继电器
I:0/4	液位传感器 L3	O:0/4	

实现上述功能的梯形图程序如图 4-39 所示。

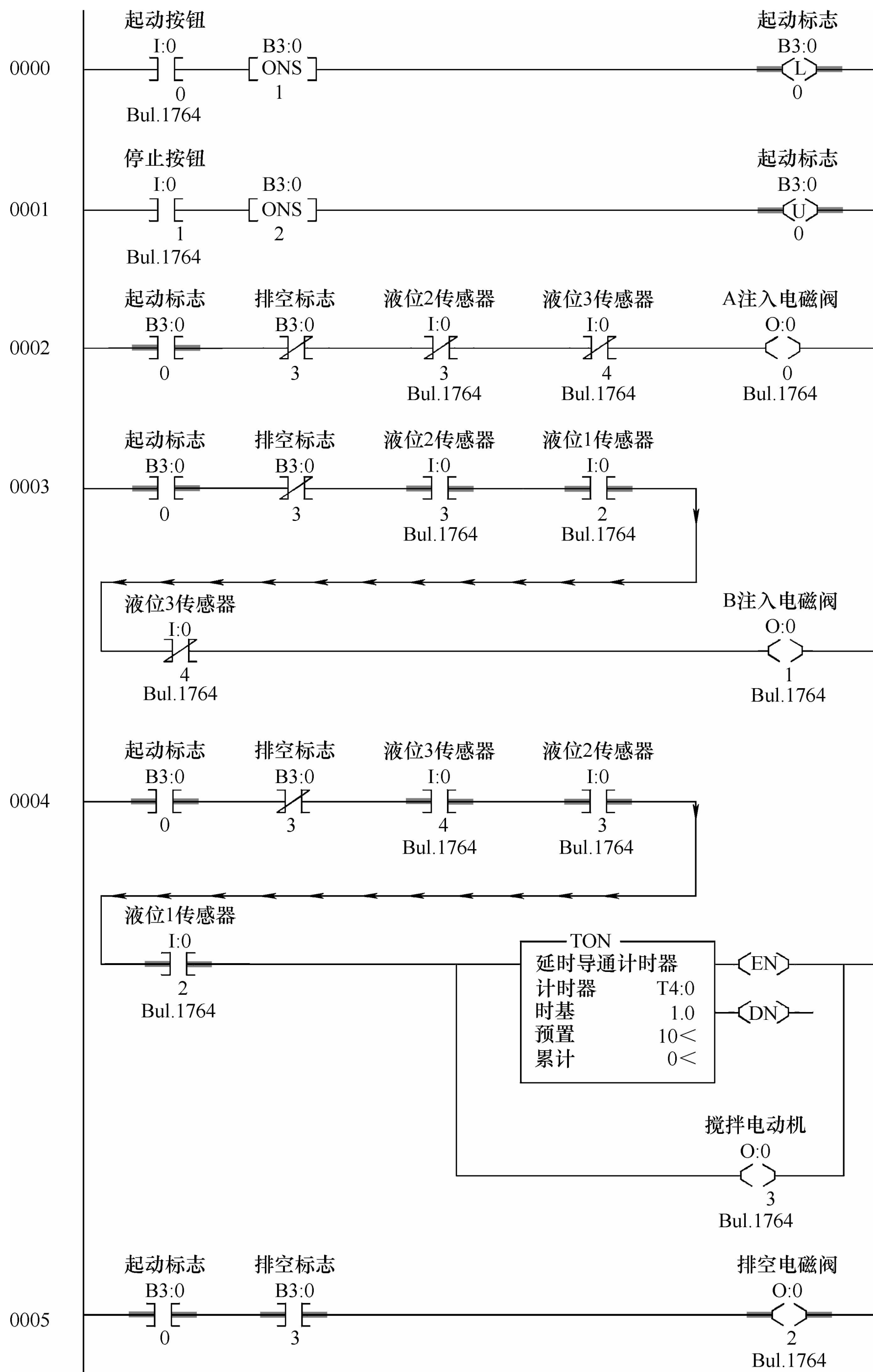


图 4-39 液体混合控制系统梯形图程序

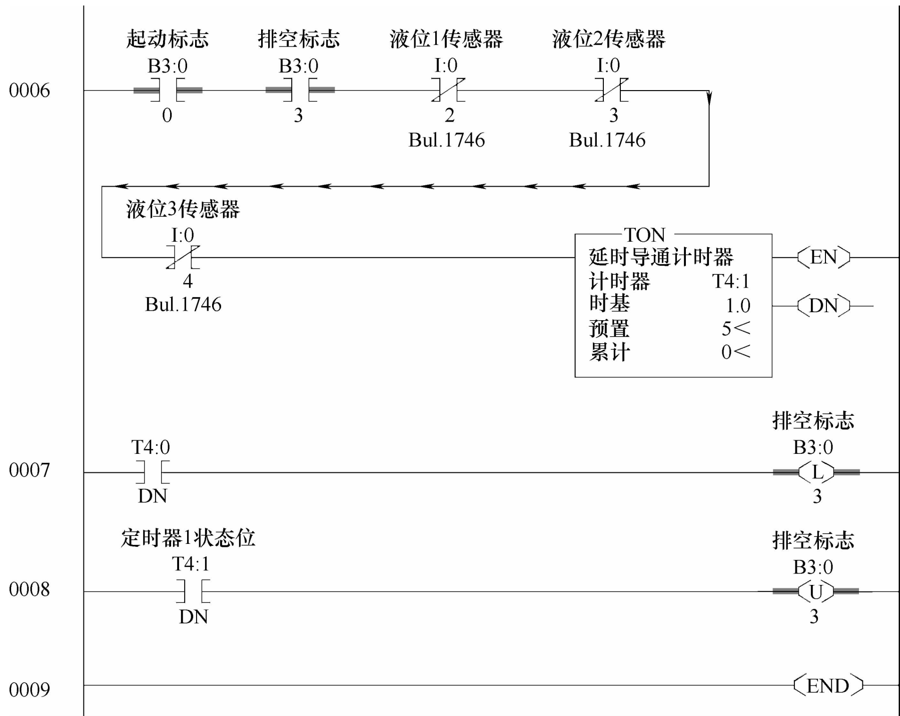


图 4-39 液体混合控制系统梯形图程序（续）

第 5 章 MicroLogix1200/1500 可编程序控制器用户程序结构

PLC 的程序分为操作系统和用户程序两部分。操作系统用来实现与特定控制任务无关的功能，如 PLC 的启动、I/O 刷新、调用用户程序、处理中断和错误、管理存储区和处理通信等。

用户处理程序一般包括主程序、子程序、中断程序和用户故障处理程序等相关内容。

5.1 控制器故障识别

1. 控制器 LED 状态指示

控制器的 LED 状态指示灯为在不使用编程设备的情况下，了解控制器的当前状态提供了一种方法。MicroLogix1500 控制器的 LED 指示灯面板如图 5-1 所示，指示灯的含义见表 5-1。

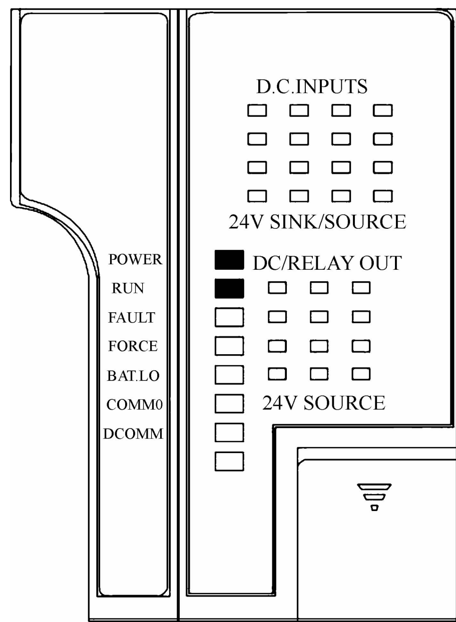


图 5-1 MicroLogix1500 控制器的 LED 指示灯

表 5-1 MicroLogix1500 控制器指示灯含义

LED	颜 色	解 释
POWER	灭	无电源输入
	绿	电源开启
RUN	灭	控制器不在运行或远程运行模式
	绿	控制器处于运行或远程运行模式
	绿,闪烁	系统不在运行模式,正在进行储存器模块传送

（续）

LED	颜　　色	解　　释
FAULT	灭	没有检测到故障
	红,闪烁	用户程序故障
	红	处理器严重故障或处理器硬件故障
FORCE	灭	无强制
	黄	有强制
BATTERY LOW	灭	电池良好
	红	电池需更换
COMM 0	灭	当进行通信时闪烁
	绿	
DCOMM	灭	用户设置的通信模式有效
	绿	默认 232 通信模式有效。使用 COMMS 通信乒乓按钮切换通信模式①
INPUTS	灭	输入无信号
	黄	输入有信号(逻辑状态)
OUTPUTS	灭	输出无信号
	黄	输出有信号(逻辑状态)

①　通信乒乓按钮安装在处理器上。如已安装处理器门或 DAT，则无法接触该按钮。按钮必须按下一秒以上方可进行通信模式的切换。

当正常运行时，POWER 和 RUN LED 亮。如果强制选通，则 FORCE LED 变亮。

当出现故障时，如果故障存在于控制器中，则控制器 LED 以表 5-2 所列的方式工作。

表 5-2　故障状态下的指示灯

LED 显示	存在下列故障	可能的原因	建议采用的操作
所有的 LED 灭	无电源输入或电源故障	输入线路无电压	检查线路的电压是否正确,是否正确连接到控制器上
		电源过载	当输出负载和温度变化而使电源过载时,这种情况会间歇出现
POWER 和 FAULT LED 同时亮	硬件故障	处理器硬件故障	重新启动电源。如果故障仍然存在,与当地的 A-B 代理商联系
		连线接触不良	检查控制器的连线
POWER 亮,FAULT LED 闪烁	应用故障	检测到严重硬件或软件故障	1. 检测状态文件字 S:6 的故障代码 2. 排除造成故障的硬件/软件问题 3. 清除严重故障停止标志位 S2:1/13 4. 尝试进入控制器运行模式,如果不成功则重复上述步骤或与当地的 A-B 代理商联系

2. 控制器故障识别

当程序运行时，控制系统或用户程序可能会出现故障。当发生故障时，可以有几种选择去识别并排除故障。

（1）故障分类

故障分为可恢复故障、不可恢复故障和非用户故障。

可恢复故障：是由用户引起的。通过执行用户故障处理程序可以清除该故障。用户清除该故障后，还需复位主故障停止位（S：1/13）。

不可恢复故障：是由用户引起的故障，不能通过用户故障处理程序给予清除。

非用户故障：由各种环境因素引起的故障，导致程序停止运行。不能通过用户故障处理程序给予清除。

（2）故障的自动清除

当状态文件中的上电忽略故障位（S2：1/8）被置位时，控制器重复上电可以自动清除故障。也可以将控制器设置为每次加电启动后都清除故障并进入运行模式。该特性可以被 OEM 植入它们的设备中从而令最终用户能够复位控制器。若控制器进入故障状态，则只要简单使设备重复加电就可以复位。要完成这一功能，状态文件中的下列位必须置位：

- S2：1/8（Fault Override at Powerup）：上电忽略故障位。
- S2：1/12（On Powerup Go to Run）：模式状态位。

如果重新启动电源后故障条件仍然存在，则控制器将重新进入故障模式。

发生故障时，系统会将故障代码写入 S2：6 存储单元中，程序设计者可对照相应代码查看具体故障信息。

程序设计时，可以定义自己应用中特殊的主要故障，先向 S：6 写入自己设定的唯一值（FF00 ~ FF0H），当故障出现时再对 S：1/13 置位。

S：1/13（Major Error Halt，主要错误中止）：当一个主要错误发生时，该位被控制器置为 1。

（3）使用故障处理程序手动清除故障

可恢复或不可恢复的用户故障均会导致用户故障处理子程序的执行。如果故障是可恢复的，则子程序可用于排除故障并清除故障位 S：1/13，然后控制器继续保持在运行或测试模式。故障为非用户故障时子程序不会执行。故障处理程序的创建方法见 5.3 节的相关内容。

5.2 程序基本结构

MicroLogix 控制器程序由主程序、子程序和中断程序构成。本节介绍主程序、子程序和梯形图程序的跳转等相关内容。

1. 子程序的调用

MicroLogix1200/1500 控制器中，LAD2 是系统默认的主程序，控制器上电后会自动扫描主程序 LAD2。通过右键单击工程树目录中的“Program Files”文件夹，选择“News”命令，可以新建一个子程序，有效的文件名是 3 ~ 255。

建立子程序的好处是使程序结构更加清晰，程序的可读性强。在具体程序功能实现时，可将某一功能的代码放在同一个子程序中。

在主程序 LAD2 中，通过 JSR 指令来调用子程序。在子程序的起始位置最好添加上 SBR 指令，以表明该子程序就是一个普通的子程序，而不是中断子程序。在子程序的尾端最好加入 RET 指令。

对于子程序的调用，最好是无条件调用。图 5-2 和图 5-3 中给出的例子是有条件调用的。在示例中，当 I：0.0/0 闭合时，调用子程序 LAD3。子程序 LAD3 中，当 I：0.0/1 闭合

时，O：0. 0/0 有效。此时如果断开 I：0. 0/0，则 O：0. 0/0 一直处于有效状态，将出现不再受到控制的现象。

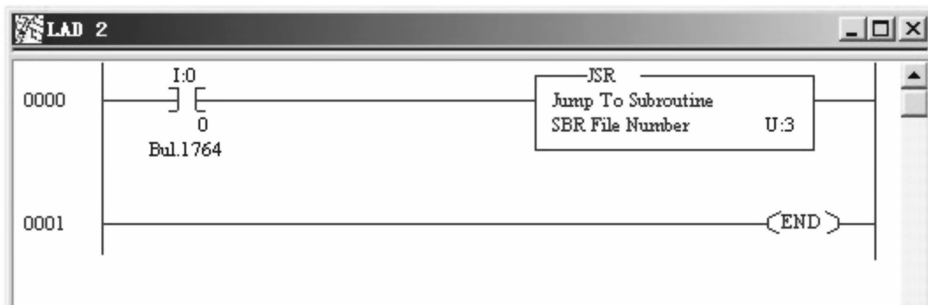


图 5-2　子程序的调用

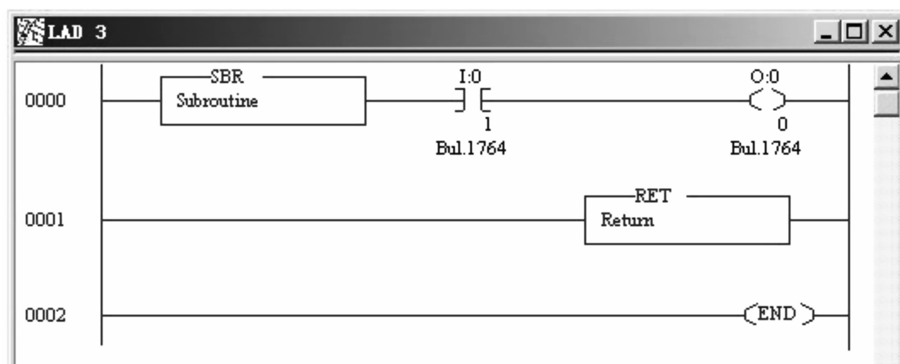


图 5-3　子程序示例

2. 梯形图程序的跳转

梯形图程序的跳转包括跳转指令 JMP 和标号指令 LBL，两者必须成对使用，如图 5-4 所示。

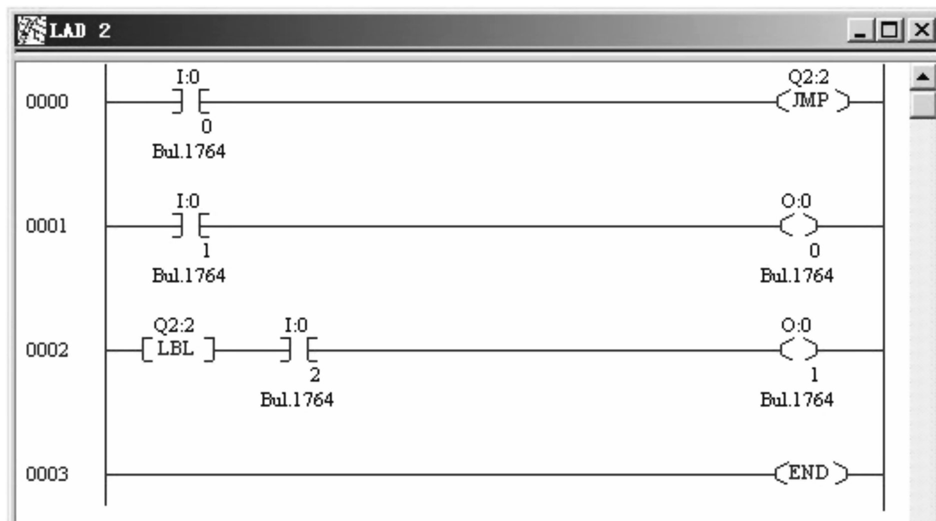


图 5-4　梯形图程序的跳转

3. 初始化程序

控制系统初始化阶段主要是为了完成一些特定的任务，如数据区初始值的设定、设备运行到初始位置。只有当初始化完成后方可进行正常的流程控制。

（1）初始化数据区、定时器和计数器

MicroLogix1200/1500 控制器提供了一个特殊的触点 S：1/15（First Pass），用来实现系统的初始化任务。S：1/15 只在第一次扫描时有效。利用 S：1/15 可实现对数据区、定时器以及计数器的初始化任务。图 5-5 的示例中，初始化任务时将上述数据区清 0。

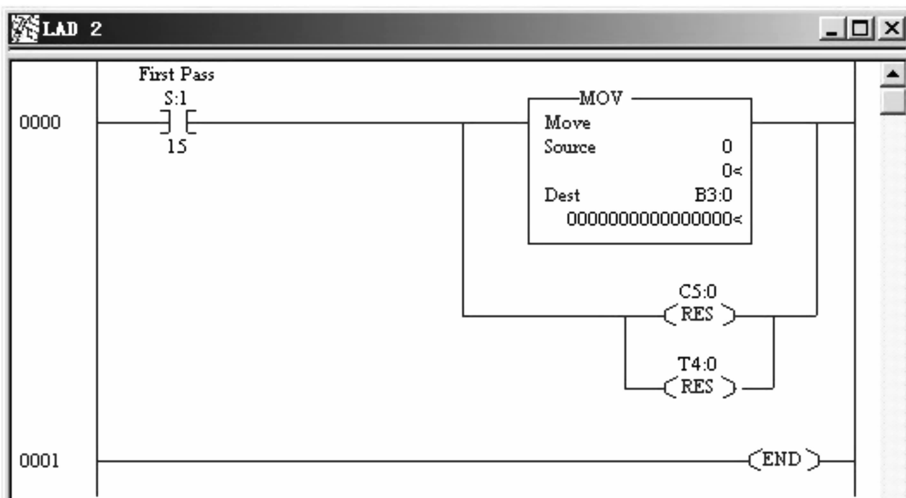


图 5-5　数据区、定时计数器的初始化

（2）过程的初始化

过程初始化中，假定要求电动机在上电后首先运行到前限位的位置上。示例如图 5-6 所示。过程初始化完成后方可进行其他操作。

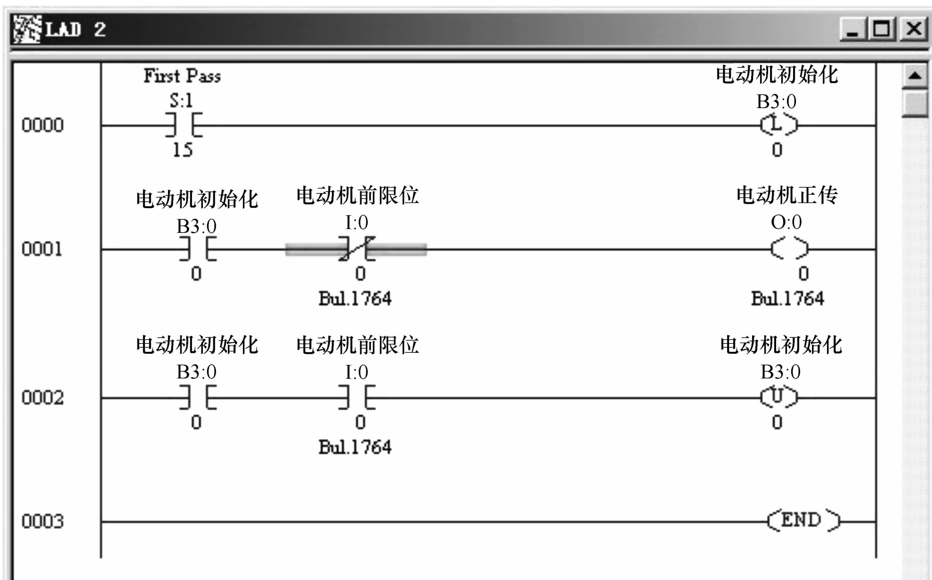


图 5-6　电动机行走过程的初始化

5.3　中断及用户故障处理程序

当中断事件发生时，控制器挂起当前正在执行的任务，转而去执行另一个任务。当该任务完成后，控制器重新回到挂起任务的断点处继续执行。MicroLogix1200/1500 控制器支持以下用户中断：用户故障处理程序、事件中断（4 个可用）、高速计数器中断和可选定时中断。

在 MicroLogix 系统中定义了不同中断具有不同的优先级别，高级别的中断被优先响应，此时不论低级别中断是否正在被响应还是正在等待响应。

中断优先级别从高到低依次如下：

1）用户故障处理程序。

2）事件中断 0。

3）事件中断 1。

4）高速计数器中断 0。

5）事件中断 2。

6）事件中断 3。

7）高速计数器中断 1（仅对于 MicroLogix1500 系统）。

8）可选定时中断。

MicroLogix1200/1500 控制器的中断处理程序只能在特定的扫描周期被执行：

1）一条梯形图开始之前。

2）扫描结束后的任意时间。

3）扫描扩展 I/O 时。

当使用 OTL、OTE、UIE 指令使能中断时，这些指令必须放在梯形图的最后一行。

在输入/输出字更新阶段、梯形图扫描开始之前、通信的任意时间，中断处理程序都可以被响应。在中断不被响应时，即进入中断等待时间。

中断等待时间是指发出中断请求到开始执行相应中断子程序之间的时间间隔。不同的控制器类型、内存使用率和指令执行时间，决定了这个时间间隔的大小。

输入扫描、输出扫描、程序扫描、通信处理、内务处理总的消耗时间记为 T，则中断延迟时间可按表 5-3 计算。

表 5-3　中断延迟时间的计算

控制器类型	时间 T	中断延迟时间
MicroLogix1200	小于 133μs	411μs
	大于 133μs	T + 278μs
MicroLogix1500	小于 100μs	360μs
	大于 100μs	T + 260μs

时间 T 的计算方法如下描述。例如，计算输入扫描时间时，如果使用了一个扩展 I/O 模块，则计为 53μs，扫描一个扩展输入字计为 3μs，扫描一个本地输入字计为 10μs。

中断子程序与普通子程序的区别在于：普通子程序是由主程序调用的，而中断子程序是

在中断事件发生时由操作系统调用的，并且此时其他的程序代码被屏蔽。

1. 中断控制指令

（1）中断指令 INT

INT 指令属于输入指令。INT 指令最好放在子程序的第一条指令的第一个输入位置上（非必须），以表明该子程序是一个中断子程序而不是一般的子程序。中断指令如图 5-7 所示。

（2）可选定时中断启动指令 STS

STS 指令属于输出指令。定时时间（0～65535ms）被设置在状态文件字 S：30 中。

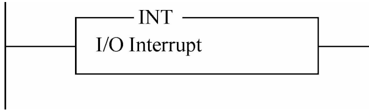


图 5-7　中断指令 INT

在控制器状态文件字 S：31 中输入可选定时中断子程序的文件号（3～255），控制器会以一定的时间间隔自动中断正常扫描，转而去扫描该文件。可选定时中断启动指令如图 5-8 所示。

（3）用户中断禁止指令 UID

UID 指令属于输出指令，如图 5-9 所示。

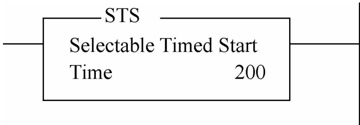


图 5-8　可选定时中断启动指令 STS

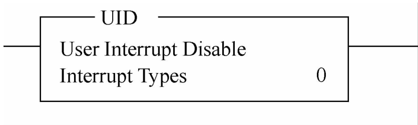


图 5-9　用户中断禁止指令 UID

UID 指令可以屏蔽 STI 中断、高速计数器中断、事件中断。其参数为屏蔽中断的类型，如果为 0，则不屏蔽中断。类型设定值为 0～127。设定值为不同值时屏蔽的中断类型不同，详见表 5-4。

表 5-4　设定值不同时屏蔽的中断类型

中断类型	参数值	中断类型	参数值
事件 0	64	事件 3	4
事件 1	32	高速计数器 1	2
高速计数器 0	16	可选定时中断	1
事件 2	8		

如果想同时屏蔽事件 1 和事件 3，则输入十进制数字 36（32＋4）。

（4）用户中断允许指令 UIE

UIE 指令属于输出指令，如图 5-10 所示。与 UID 指令功能相反，且与 UID 指令成对使用。

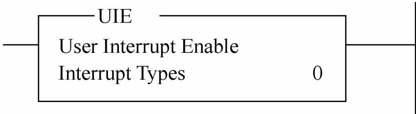


图 5-10　用户中断允许指令 UIE

（5）用户中断移除指令 UIF

UIF 指令属于输出指令，如图 5-11 所示，用来移除已挂起队列中的中断。中断类型同 UID 指令。如果想同时移除事件 1 和事件 3 的中断，则输入十进制数字 36（32＋4）。

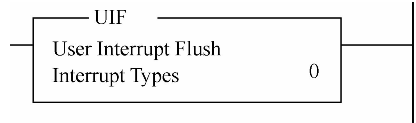


图 5-11　用户中断移除指令 UIF

2. 用户故障处理程序

当一个用户故障发生时，控制器将关闭所有输出并使 FAULT LED 闪烁。通过调用用户故障处理程序

可以使控制器免于进入停机状态。当一个可恢复或不可恢复故障发生时，用户故障处理程序可以被执行。当故障为非用户故障时，用户故障处理程序不被执行。若用户故障处理程序能够清除 S：1/13 及故障状态，控制器将继续运行控制程序。若故障不能排除，输出将清 0 且控制器退出运行状态，FAULT LED 闪烁。

控制器发生的次要故障包括：运算溢出、控制寄存器错误位、执行用户故障处理程序时的主要错误位、存储器模块引导位等。MicroLogix1500 控制器 S2：6 中故障信息代码详见附录 A，状态字详见附录 B。

在应用时，可创建一个文件号为 3～255 的子程序，并将该文件号写入 S：29 状态字中。一旦控制器发生可恢复或不可恢复故障时，控制器会读取 S：29 中的文件号，并自动执行该文件号的子程序。如果故障为可恢复的，子程序中可以设计为修复该故障，并清除故障位 S：1/13。如果故障为不可恢复的，故障处理程序虽然被执行，但故障不会被清除，此时可以通过 MSG 指令发送信息给另一个设备，以确定当前控制器的错误原因。

数学运算时溢出状态下的用户故障处理程序如图 5-12～图 5-14 所示。其中，图 5-12 是故障处理程序文件号的设定，图 5-13 是计算溢出时故障处理主程序，图 5-14 是计算溢出时故障处理子程序。

主程序中的 I：0.0/6 是一个非自锁的开关，当被按下时执行 ADD 指令。ADD 指令的运算结果与 S：2/14 的设定值有关，本例中，S：2/14 被设置为 0。ADD 指令被执行的结果将会产生溢出，同时溢出标志位 S：0/1 和主要错误中止位 S：1/13 被置位，S：6 中显示错误代码为 0020H，子程序 3 被调用。为避免控制器进入停机状态，子程序 3 中应首先复位 S：1/13。若同时复位了溢出陷阱位 S：5/0，则会自动退出 LAD3，I：0.0/0 有效时，O：0.0/0 无效；若在溢出状态下需要完成一个时间过程的动作，则先不要复位溢出陷阱位 S：5/0，使子程序 LAD3 继续执行，此时 I：0.0/0 有效时，O：0.0/0 有效；当该动作完成后再复位 S：5/0，程序将跳出子程序 3。当 ADD 中的数据源 A、B 相加的结果不会产生溢出时，并且 ADD 指令被再次执行时，溢出标志位 S：0/1 被清 0。

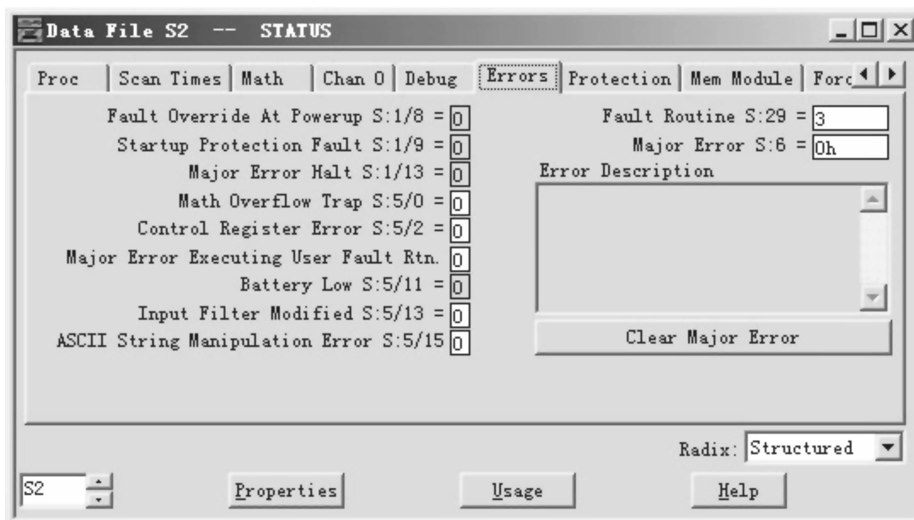


图 5-12　故障处理程序文件号的设定

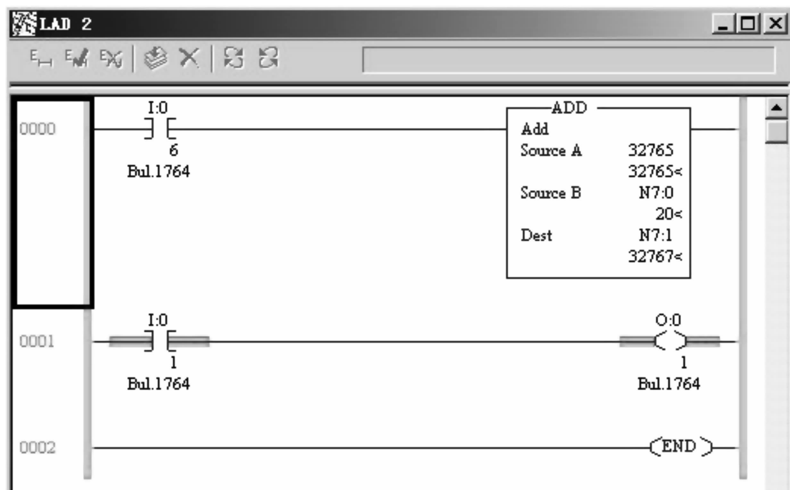


图 5-13　计算溢出时故障处理主程序

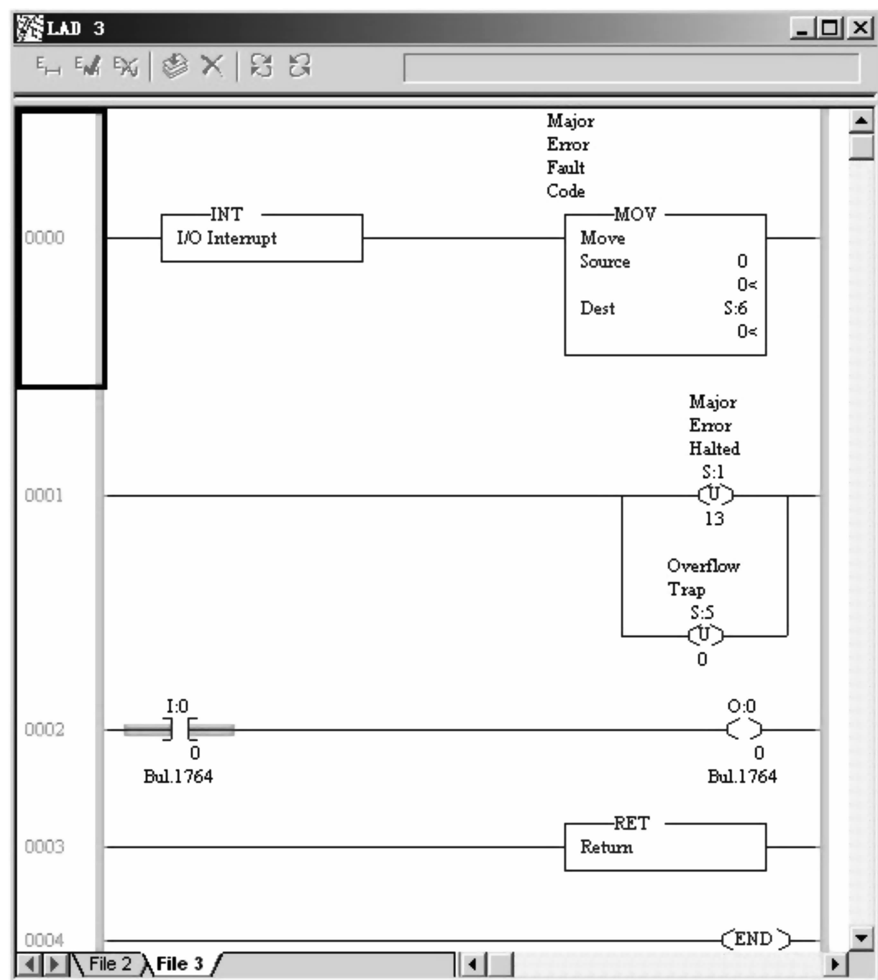


图 5-14　计算溢出时故障处理子程序

溢出状态下实现某一过程动作的示例如图 5-15 所示。

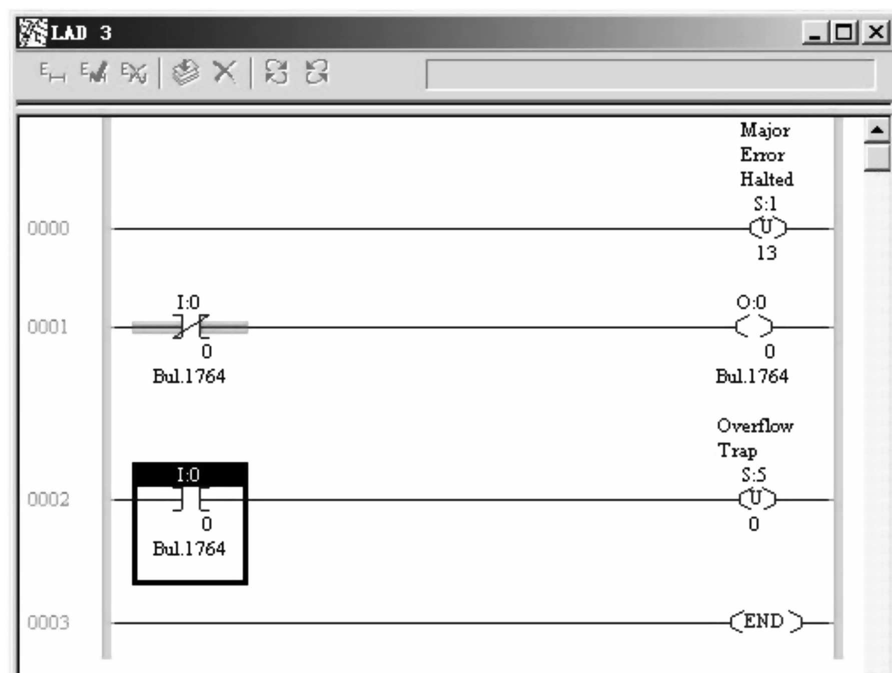


图 5-15　溢出状态下某一过程动作的实现

3. 可选定时中断（STI）

可选定时中断（Selectable Timed Interrupt，STI）使控制器按照固定的时间间隔中断当前的任务，转而去扫描指定的子程序。在主程序开始运行后，控制器会监视 S：30 中设定的时间值，时间一到，STI 将开始运行。当 S：31 中指定的子程序扫描完成后，控制器恢复正常的任务处理。

STI 主要解决的是 MicroLogix1200/1500 控制器在执行任务时的时间分配问题。比如，PID 运算会占用大量的系统资源，如果放在主程序中，每次扫描都要执行一次，这是没有必要的；在运动控制中，为保证设备加/减速的一致性，需要一个特定的时间间隔来执行脉冲序列输出（PTO）指令；或者在实际应用中需要频繁扫描执行的某个特殊的控制逻辑。

STIO 功能文件中的主要元素如下：

（1）程序文件号（PFN）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
PFN	STI:0. PFN	字	控制	只读

STI：0. PFN（Program File Number，程序文件编号）定义 SPM 值超时后执行的子例程。输入的整数必须是有效的子例程程序文件（3 ~ 255）。

在 PFN 变量中标识的子例程文件不是控制器内的专用文件，而且与其他任何程序文件

一样进行编程和运行。从控制程序的角度，它是唯一的，因为它是根据 STI 设置点自动扫描的。

（2）STI 错误代码（ER）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
ER	STI:0. ER	字	状态	只读

STI 子系统检测的错误代码在这个注册表内显示出来。表 5-5 对错误代码进行了说明。

表 5-5　STI 错误代码

错误代码	可恢复故障	描述
1	无效的程序文件号	程序文件号小于 3 或大于 255 或不存在

（3）STI 用户中断执行（UIX）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
UIX	STI:0/UIX	位	状态	只读

当控制器正在扫描 STI PFN 时，UIX 位被置位；在控制器完成 STI 子例程时被清除。

STI UIX 位可在控制程序中被定义为条件逻辑，用以检测 STI 中断是否正在执行。

（4）STI 用户中断使能（UIE）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
UIE	STI:0/UIE	位	控制	读/写

UIE（允许用户中断）位用于启用或禁用 STI 子例程处理。如果希望控制器按照所配置的时间间隔处理 STI 子例程，则必须设置这个位。

如果需要限制 STI 子例程被处理的时间，需清除 UIE 位。举个例子说明，如果在其他程序中需要无中断地处理一系列的数学计算，其重要性就显现出来了。在进行计算之前，清除 UIE 位。在这些计算完成后，设置 UIE 位，则恢复 STI 子例程的处理。

（5）STI 用户中断丢失（UIL）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
UIL	STI:0/UIL	位	状态	读/写

UIL（用户中断丢失）是用来指示中断已丢失的一个状态标志。在设置丢失位之前，控制器可处理 1 个活跃的并维护最多 2 个挂起的中断条件。

该位可以通过控制器进行设置。控制程序根据需要进行跟踪以及清除丢失条件。

（6）STI 用户中断挂起（UIP）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
UIP	STI:0/UIP	位	状态	只读

UIP（用户中断挂起）是用来指示中断已挂起的一个状态标志。当某个子例程不能被立即执行时，则可在控制程序中监视该状态位或者将其用作逻辑目的。

这个位是由控制器自动设置和清除的。

（7）STI 定时中断使能（TIE）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
TIE	STI:0/TIE	位	控制	读/写

TIE（定时中断使能）控制位用于启用或禁用定时中断机制。当设置为 1，定时被启用；当清除为 0，定时被禁用。如果这个位被清除（禁用）而定时器仍在运行，则累计的值被清除为 0。如果这个位然后又被设置为 1，则定时开始。

可以通过用户程序控制该位并在上电循环中保持其值。

（8）STI 自动启动（AS）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
AS	STI:0/AS	位	控制	只读

AS（自动启动）是一个可在控制程序中使用的控制位。自动启动位使用编程设备进行配置，并存储为用户程序的一部分。当控制器输入任何执行模式时，自动启动位自动设置 STI 定时中断启用（TIE）位。

（9）STI 检测到错误（ED）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
ED	STI:0/ED	位	状态	只读

ED（检测到错误）标记是一个状态位，可供控制程序用来检测 STI 子系统中是否存在错误。该位代表的最常见的错误类型是配置错误。当这个位被设置时，可在参数 STI：0. ER 中查看错误代码。该位由控制器自动设置和清除。

（10）STI 间隔之间的设置点毫秒数（SPM）

子元素名称	地址	数据	范围	文件类型	用户程序存取方式
SPM	STI:0. SPM	字	0～65535	控制	读/写

当控制器过渡到某种执行模式时，SPM（设置点毫秒数）值被加载到 STI 中。如果 STI 被正确配置，并且已经启用，则 STI 变量 PFN 中标志的程序文件将按照这个间隔进行扫描。这个值可以通过使用 STS 指令在控制程序中更改。

最小值不能小于扫描 STI 程序文件所需的时间加上中断延迟时间。

下面的示例配置 STI 以每隔 2s（SPM = 2000）执行一次第 3 个子例程文件（PFN = 3）。在子例程文件中，有一个每次扫描子例程时将值 1 添加到 N7：0 的 ADD 指令。该示例中置位允许 STI 执行的允许用户中断（User Interrupt Enable）位和自动启动（Auto Start）位。STI 功能文件的设定如图 5-16 所示。

为了使用该示例，必须创建梯形图逻辑子例程（子程序文件号 3）。如果没有创建子例程，CPU 会因 STI 而发生故障错误代码 1（已经输入 PFN 的无效文件编号）。

子程序 3 如图 5-17 所示。

中断位在使用时，如果设置自动启动（Auto Start）位（AS），这将在上电时启动中断，并自动设置启用定时中断（Timed Interrupt Enabled）位（TIE），允许执行中断。如果没有设置 AS 位，则必须通过梯形图逻辑设置 TIE 位，以执行中断。允许用户中断（User Inter-

rupt Enable）位（UIE）确定是否执行中断。

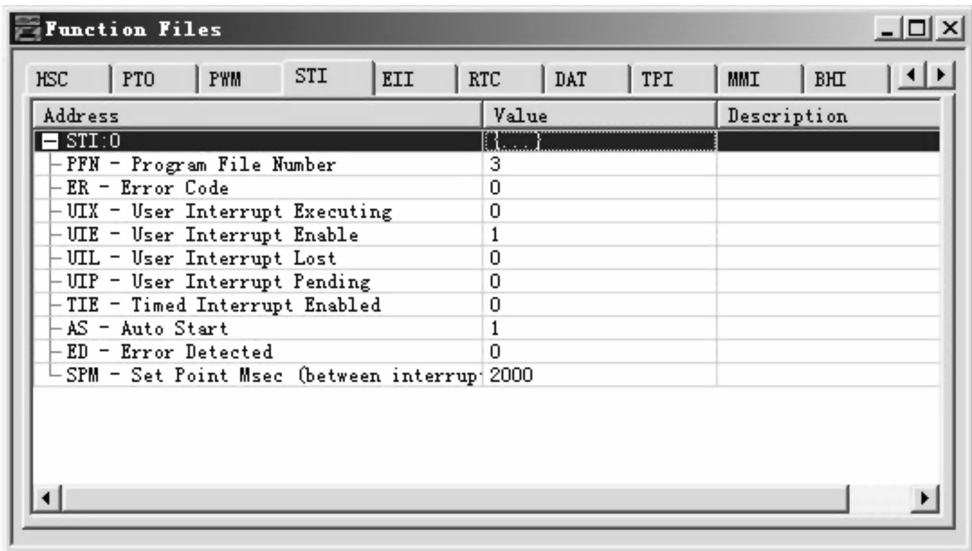


图 5-16　可选定时中断功能文件的设定

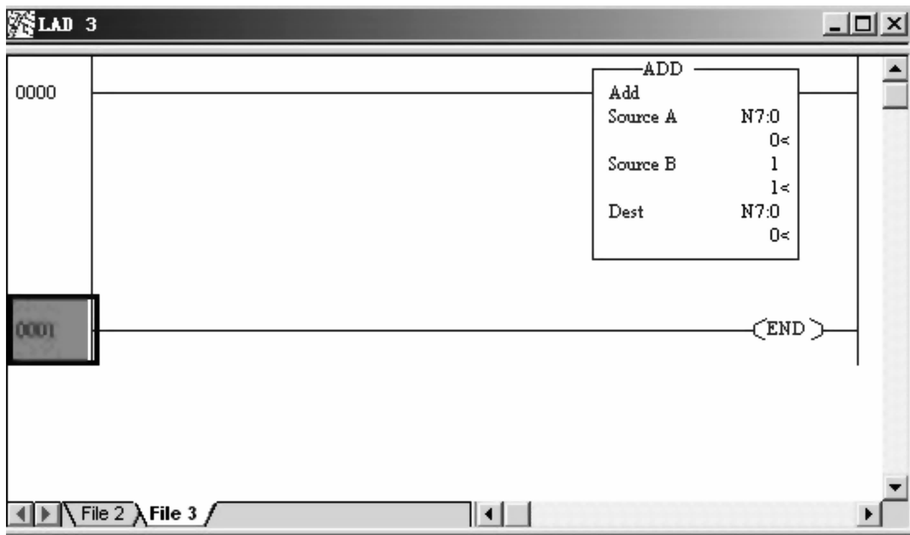


图 5-17　可选定时中断中的子程序

4. 事件输入中断（EII）功能文件

事件输入中断（Event Input Interrupt，EII）功能允许用户在从现场设备中检测到某种输入条件时，扫描特定程序文件（子例程）。

MicroLogix1200/1500 控制器中支持 4 个事件的中断，事件 0 的中断级别最高。每一个事件中断响应 I：0/0 到 I：0/7 的上升沿或下降沿。如果将事件定义为 I：0/8，则出现 EII 设定错误，S：6 中的错误代码为 2Eh，FAULT 红灯闪烁。EII 的设定在功能文件中。

EII0 功能文件中的主要元素如下：

（1）EII 程序文件号（PFN）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
PFN	EII:0. PFN	字	控制	只读

PFN（程序文件编号）是指当 EII：0 设定的输入端检测到有效信号后需调用的子程序的编号。PFN 的设定值为 3～255。

在 PFN 变量中标志的子例程文件不是控制器内的专用文件，而且与其他任何程序文件一样进行编程和运行。从控制程序的角度看，它是唯一的，因为它是根据 EII 的配置自动扫描的。

（2）EII 错误代码（ER）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
ER	EII:0. ER	字	状态	只读

EII 子系统检测的任何错误代码。表 5-6 对错误代码进行说明。

表 5-6　EII 错误代码及含义

错误代码	可恢复错误	描述
1	无效的程序文件号	子程序文件号小于 3 或大于 255 或不存在
2	无效的输入	有效数字为 0～7
3	输入重叠	EII 事件不能共享输入。每个 EII 事件的输入必须是唯一的

（3）EII 用户中断执行（UIX）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
UIX	EII:0/UIX	位	状态	只读

EII 检测到有效输入，而且控制器正在扫描 PFN 时，UIX（用户中断执行）被置位。控制器完成 EII 子例程的处理时，UIX 位被清除。EII UIX 位可在控制程序中被定义为条件逻辑，用以检测 EII 中断是否正在执行。

（4）EII 用户中断使能（UIE）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
UIE	EII:0/UIE	位	控制	读/写

UIE（用户中断使能）位用于启用或禁用 EII 子例程处理。如果希望控制器在发生某个 EII 事件时处理 EII 子例程，则必须设置这个位。

如果需要限制 EII 子例程被处理的时间，则清除 UIE 位。举个例子来讲，如果需要无中断地处理一系列的数学计算，其重要性就显现出来了。在进行计算之前，清除 UIE 位。在这些计算完成后，设置 UIE 位，则恢复 EII 子例程的处理。

（5）EII 用户中断丢失（UIL）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
UIL	EII:0/UIL	位	状态	读/写

UIL（用户中断丢失）是用来指示中断已丢失的一个状态标志。在中断丢失位被设置之前，控制器可处理 1 个活跃的并维护最多 2 个挂起的中断条件。

该位通过控制器设置。使用、跟踪以及清除丢失条件都取决于控制程序。

（6）EII 用户中断挂起（UIP）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
UIP	EII:0/UIP	位	状态	只读

UIP（用户中断挂起）是用来指示中断已挂起的一个状态标志。当某个子例程不能被立即执行时，则可在控制程序中监视该状态位或者将其用作逻辑目的。

该位由控制器自动设置和清除。在设置挂起位之前，控制器可处理 1 个活跃的并维护最多 2 个挂起的中断条件。

（7）EII 事件中断使能（EIE）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
EIE	EII:0/EIE	位	控制	读/写

EIE（事件中断使能）允许从控制程序中启用或禁用事件中断。当设置为 1 时，该功能被启用，当清除时（0，默认），该功能被禁用。

可以通过用户程序控制该位并在上电循环中保持其值。

（8）EII 自动启动（AS）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
AS	EII:0/AS	位	控制	只读

AS（自动启动）是一个可在控制程序中使用的控制位。自动启动位使用编程设备进行配置，并存储为用户程序的一部分。当控制器输入任何执行模式时，自动启动位自动设置 EII 事件中断启用（EIE）位。

（9）EII 检测到错误（ED）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
ED	EII:0/ED	位	状态	只读

ED（检测到错误）标记是一个状态位，可供控制程序用来检测 EII 子系统中是否存在错误。该位代表的最常见错误类型是配置错误。当这个位被设置时，在参数 EII：0. ER 中可查看到错误代码。该位由控制器自动设置和清除。

（10）EII 边沿选择（ES）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
ES	EII:0/ES	位	控制	只读

ES（边沿选择）位用于选择可以引起事件中断的触发类型。这个位可允许配置 EII 进行上升沿（从关到开，从 0 到 1）或下降沿（从开到关，从 1 到 0）信号检测。这个选择基于控制器上所连接的现场设备的类型。默认条件为 1，即配置 EII 进行上升沿操作。

（11）EII 输入选择（IS）

子元素名称	地址	数据	文件类型	用户程序存取方式
IS	EII:0. IS	字	控制	只读

IS（输入选择）参数用于将每个 EII 配置到控制器上的特定输入。有效输入为 0 ~ 7，对应于 I：0/0 ~ I：0/7。这个参数使用编程设备进行配置，不能从控制程序中更改。

事件中断的一个简单示例如下。EII：0 中的设置如图 5-18 所示。PFN = 3，UIE = 1，AS = 1（AS 位有效可使 EIE 位自动有效），ES = 1，IS = 0，I/0 的上升沿启动事件中断。事件中断是被系统自动调用的，所以在主程序 LAD2 中无须添加任何代码。

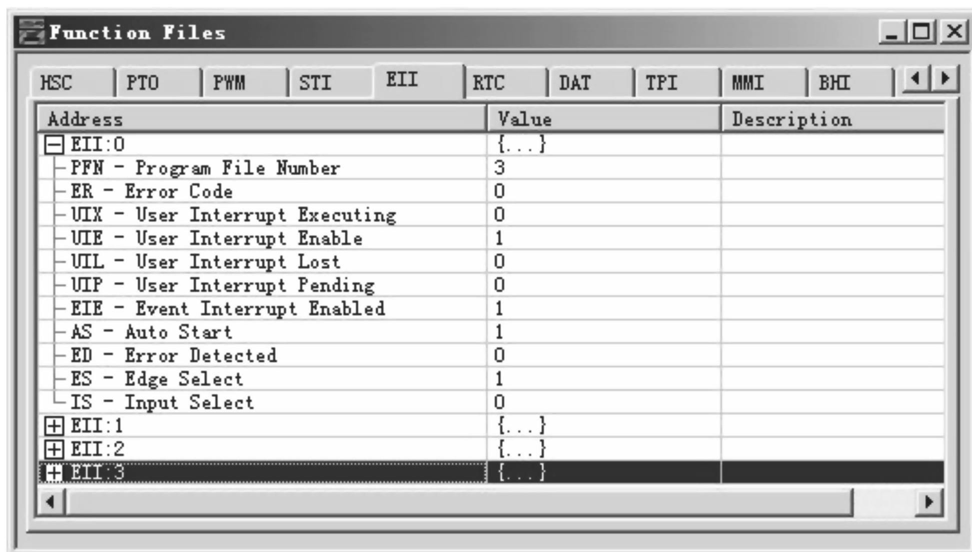


图 5-18 事件中断功能文件的设定

在子程序 3 中建立如图 5-19 所示的代码。

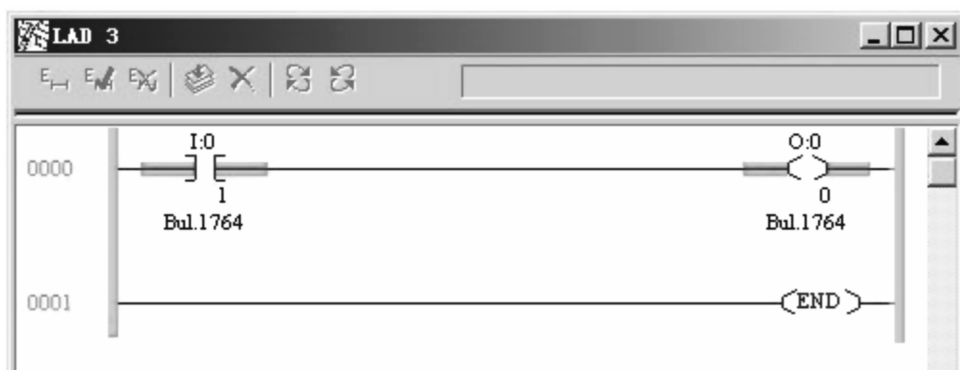


图 5-19 事件中断中的子程序

事件中断属于边缘检测。当 I：0. 0/0（输入 0）的上升沿有效时，调用 LAD3 子程序，I：0. 0/0 常闭时无效。本例中，首先使 I：0. 0/1 有效，然后闭合 I：0. 0/0，系统检测到 I：0. 0/0 的上升沿，触发 LAD3 被执行，O：0. 0/0 有效且被锁定，无论此时 I：0. 0/1 是否有效；当使 I：0. 0/1 无效，重新触发 I：0. 0/0 的上升沿时，O：0. 0/0 被复位。

第 6 章　编程软件 RSLogix500 English 的使用方法

RSLogix500 软件是针对 SLC500 和 MicroLogix 处理器，32 位 Windows 操作系统为基础的梯形图编程软件。通过 RSLogix500 软件编写的 SLC500 和 MicroLogix 程序与其他罗克韦尔自动化软件程序兼容。

RSLogix500 软件的主要特点如下：

1）具有方便灵活的梯形图编辑器。用户在书写程序时专心于应用程序的逻辑功能，而不用特地注意语法的对错。

2）功能强大的工程校验器。用户可以用其创建错误清单，从而方便纠正错误。

3）拖放式编程功能。用户能够在数据文件之间快速移动数据元素，在子程序或工程之间快速移动梯级，或者在一个工程内的梯级之间快速移动指令。

4）寻址向导可以方便地输入地址，减少按键错误。

5）查询和替换功能，能够快速改变特定地址或符号的值。

6）树形结构工程目录为点击式界面，用户可访问包含在工程目录内的所有文件夹和文件信息。

7）用户数据监视功能，能够独立显示数据元素，从而方便观察它们之间的相互作用。

8）为监视和显示过程数据提供趋势图和柱状图功能。

9）SLC 库用于保存和恢复部分梯形图逻辑，从而方便在任何罗克韦尔自动化 SLC 编程软件之间使用。

10）比较工具可以通过图形化的方式显示工程的差异。

6.1　RSLogix500 English 编程软件的基本使用方法

在使用 RSLogix500 编写程序之前，首先应建立控制器与编程器之间的连接。本例程中，选用 1764-LRP Series C 控制器，通过串口与计算机进行连接。

6.1.1　通信驱动程序的配置

1. 硬件连接

在配置系统通信之前，首先要将 PLC 与计算机通过 RS232 串口电缆连接起来。

2. 配置通信驱动程序

RSLinx Classic 或 RSLinx Classic Lite 为 A-B 的 PLC 与罗克韦尔自动化软件之间的通信驱动配置软件，其中 RSLinx Classic Lite 为 RSLinx Classic 的简化版，它不支持 DDE 和 OPC 通信方式。

通信驱动程序配置过程如下：

1）在 Windows 程序组中启动 RSLinx Classic。

2）在该界面的“Communications”（通信）下拉菜单中选择“Configure Drivers”（配置驱动程序），进入配置程序界面。

3）在“Available Drivers Types”（有效驱动程序类型）下拉列表中，列出了 RSLinx 支持的各种驱动程序。选择“RS232 DF1 devices”，然后单击“Add New”，在弹出的对话框中为驱动程序命名，或选择默认的程序名“AB_DF1-1”，单击“OK”，进入 RS232 DF1 设备配置对话框。

4）在“Comm”（通信接口选择）下拉列表中选择与控制器连接的计算机串行通信接口号，如 COM1，“Device”（驱动设备）下拉列表中必须选择“SLC-CHO/Micro/PanelView”，如果没有特殊配置，其他选项不用修改，直接单击“Auto-Configure”（自动配置）按钮。在右侧对话框中会看到动态的自动配置内容，配置成功后显示“Auto Configuration Successful!”。单击“OK”按钮，回到 RSLinx 主界面。

5）此时，在该界面“Configured Drivers”列表中多了一项“AB_DF1-1 DH485 Sta：0 COM1：RUNNING”，表明 DF1 驱动程序正在运行，至此完成串口通信配置，单击“Close”按钮，回到 RSLinx 主界面。

RSLinx 配置界面如图 6-1 所示。

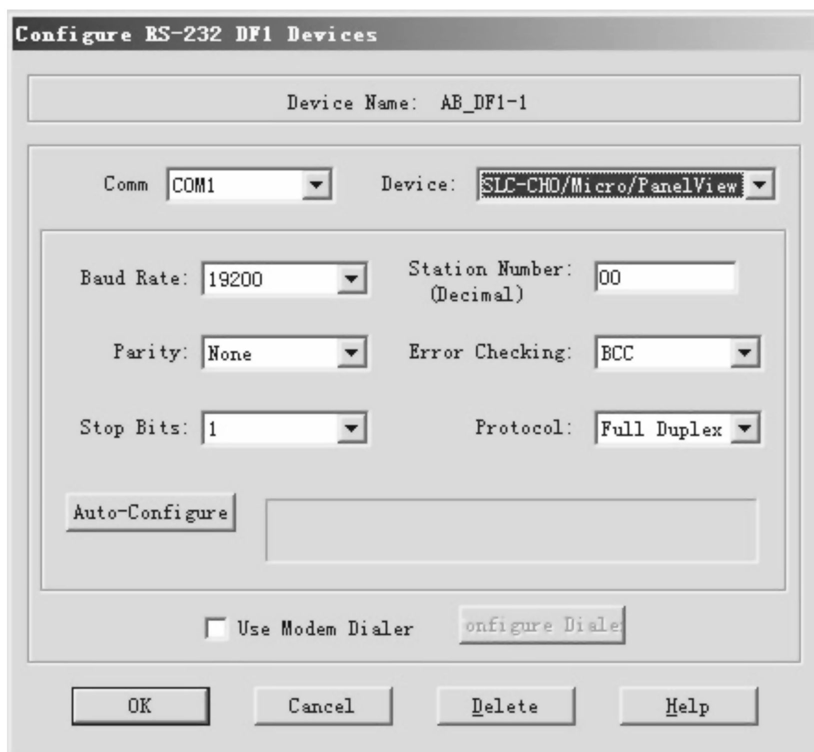


图 6-1　RSLinx 配置界面

如果通信驱动配置有问题，可以在程序编辑界面的工程目录中修改。具体位置为“Controller”文件夹下“Controller Properties”中的“Controller Communications”选项卡内。

6.1.2 RSLogix500 English 编程软件的使用

1. 一个简单项目的建立

运行 RSLogix500 English，新建一个项目，在弹出的对话框“Select Processor Type”（选择处理器类型）中选择，如“Bul. 1764 MicroLogix 1500 LRP Series C”。在下面的“Communication settings”中的“Driver”中选择“AB_DF1-1”，控制器节点号“Processor Node”选择 1（AB-DF1 全双工点对点通信必须选 1 号节点）。单击“OK”进入程序编辑界面。控制器的类型选择如图 6-2 所示。

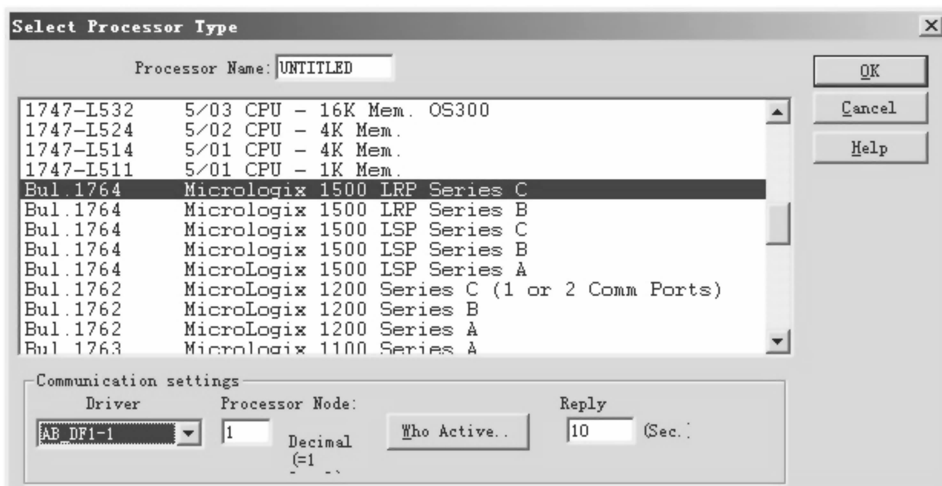


图 6-2 控制器的类型选择

程序编辑界面如图 6-3 所示。

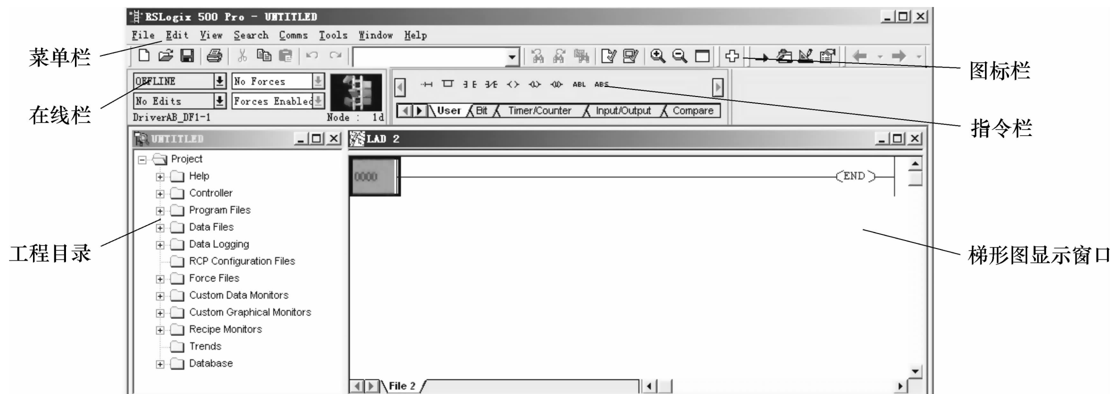


图 6-3 程序编辑界面

1）菜单栏：用户单击菜单，然后选择所显示的功能。

2）图标栏：图标栏包含许多用户在开发、调试逻辑程序时需要反复使用的功能。如要了解这些图标的含义，只需将光标移动到图标上，随后便会出现一个浮动的工具提示窗口，提示该图标的功能。

3）在线栏：处理器的运行方式，是否进行在线编辑或执行了强制，还可以显示驱动程序和节点号。

4）工程目录：工程文件内的所有文件夹和文件。单击该目录下的图标，然后单击鼠标右键，弹出一个菜单，此菜单只适用于所选中的图标。例如，如果在一个程序文件上单击鼠标右键，用户可以看到以下几个选项：重新命名程序文件，打开程序文件，隐藏程序文件，或者显示程序文件的属性。

5）指令工具栏：以选项卡方式分类的指令助记符。单击指令工具栏下方的分类标签时，指令工具栏内的指令将变为所选中类别的指令。单击某一条指令，就可将其插入到梯形图逻辑程序中。

6）梯形图显示窗口：在该窗口部分，能够同时显示几个程序文件，这也是进行梯形图逻辑程序编辑的地方。系统默认的是在“Program Files”文件夹下的“LAD2”中编写梯形图程序，其中该文件夹下的 SYS0 和 SYS1 是系统默认文件，不可以修改。

在完成梯形图的设计任务后，单击“Edit”菜单下选择校验文件（“Verify File”）或校验工程（“Verify Project”）命令，如果程序中存在错误，则在结果显示窗口中会给出相应错误信息，如图 6-4 所示。

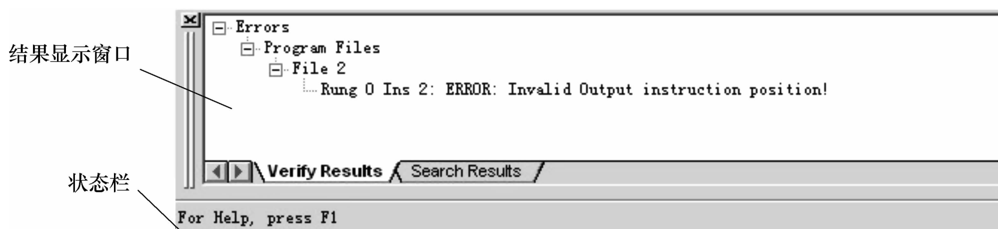


图 6-4　状态栏和结果显示窗口

7）状态栏：用户使用软件时，用于显示当前的状态信息或者提示信息。

8）结果显示窗口：显示 Find All 查询结果或者程序校验结果。该窗口可被隐藏，或者将其从整个应用窗口中分离出来，放置在屏幕上的任意位置上。

如果编写的程序在校验时无错误，但在下载时出错，则需查看通信配置情况，如图 6-5 所示。其中“Last Configured”中不能为空白，如为空白，单击“Who Active”按钮，选择通信类型后，再单击图 6-5 中的“应用（A）”按钮即可完成驱动的重新配置。

在梯形图显示窗口输入一条简单的逻辑程序，如图 6-6 所示。

使用鼠标右键单击选中的指令，单击“Edit Symbol”或“Edit Description”为指令添加中文标注。

程序输入完成后，对程序进行校验（“Verify File”按钮），然后将 MicroLogix1500 控制器的运行模式开关打到“REM”模式，下载并运行程序。

2. 工程目录中的程序文件夹和数据文件夹

（1）程序文件夹

程序文件夹下列出了所有已经建立的程序，包括系统默认程序 SYS0 和 SYS1，主程序 LAD2 以及其他建立的子程序（LAD3 ~ LAD255）。单击鼠标右键，从菜单中选择“New”，可创建一个新的文件。所有子程序在调用时最好是无条件调用。



图 6-5　RSLogix500 中的通信配置界面

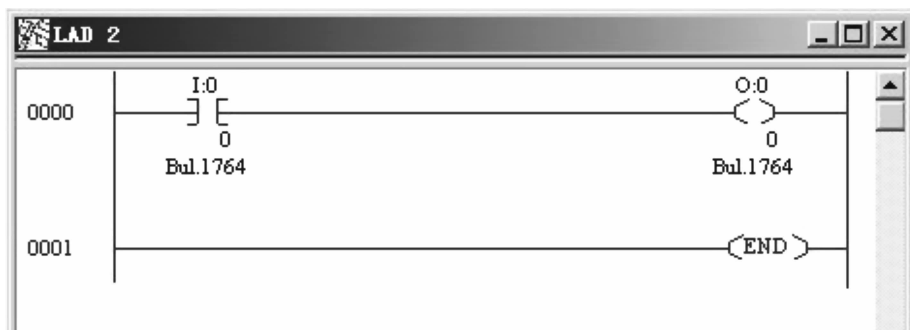


图 6-6　MicroLogix1500 控制器梯形图的简单应用

（2）数据文件夹

该文件夹中列出了已定义的数据文件。右击“Data Files”可以选择新建一个数据文件。其中 Float 文件（浮点数文件）和 Programmable Limit Switch 文件（可编程限位开关文件）仅被 Series C 控制器支持。

每个数据文件中最大的子元素数为 256 个，编号为 0 ~ 255，如定时器文件中的 T4：0 ~ T4：255。子元素数可通过相应数据文件的 Properties 来修改。

3. 编辑区域的标志

RSLogix500 在梯形图程序内将编辑区域标志置于梯形图左干线的左边，这些字母表示编辑区域以及程序内梯形图程序的编辑类型。

SLC 5/03、SLC 5/04 和 5/05 处理器支持在线编辑功能，MicroLogix1500 控制器不支持此功能。

小写字母区域标志表示该编辑区域存储在计算机内存里，大写字母区域标志表示该编辑区域存储在处理器内存里。在成功编译装载了所编辑的梯级后，区域标志将消失。

编辑区域各标志的含义见表6-1。

表6-1　编辑区域各标志的含义

字母	含　义
e	（离线和在线）这些梯级当前在计算机 RAM 内处于编辑状态。如果程序工作在离线方式，那么在程序校验成功之后，小写字母 e 将消失，编辑的梯级并入程序。如果工作在在线方式，那么接收梯级后，小写字母 e 将被大写字母 I 代替，表示该梯级当前在控制器内存里，并且将插入到程序文件内
i	（在线编辑，适用于 SLC 5/03、SLC 5/04 和 5/05 处理器）这些梯级将插入到程序内，标有小写字母 i 的梯级当前存储于计算机内存里，直到接收该梯级（通过鼠标右键选择），它才能被输入到控制器内。接收梯级后，小写字母 i 将被大写字母 I 代替
r	（在线编辑，适用于 SLC 5/03、SLC 5/04 和 5/05 处理器）这些梯级将在梯形图程序内被替换。标有小写字母 r 的梯级当前存储于计算机内存里，直到接收该梯级（通过鼠标右键选择），它才能被输入到控制器内。标有 e 的梯级总是在标有 r 的梯级前面。接收梯级后，小写字母 r 将被大写字母 R 代替
d	（在线编辑，适用于 SLC 5/03、SLC 5/04 和 5/05 处理器）这些梯级将从梯形图程序内删除。标有小写字母 d 的梯级表示在计算机内存里将其删除，直到接收该梯级（通过鼠标右键选择），才能在控制器内存里将其删除。接收梯级后，小写字母 d 将被大写字母 D 代替
I	（在线编辑，适用于 SLC 5/03、SLC 5/04 和 5/05 处理器）这些梯级将插入到控制器逻辑程序内，通过选择“Edit”菜单，单击“Test Edits”，程序设计人员能够测试编辑的梯级，检查梯级在在线梯形图程序内的工作情况。单击“Assemble Edits”完成梯级插入，编辑过程完成
R	（在线编辑，只适用于 SLC 5/03、SLC 5/04 和 5/05 处理器）在控制器逻辑程序内将替换这些梯级，直到程序设计人员选择“Test Edits”以检查新梯级在在线程序内的工作情况之前，标志有大写字母 R 的梯级一直作用于程序。选择“Assemble Edits”完成梯级更换，编辑过程完成
D	（在线编辑，只适用于 SLC 5/03、SLC 5/04 和 5/05 处理器）在控制器逻辑程序内将删除这些梯级，直到程序设计人员选择“Test Edits”以检查没有这些梯级时在线程序的工作情况之前，标有大写字母 D 的梯级一直作用于程序。选择“Assemble Edits”完成删除梯级，编辑过程完成

4. 程序的备份

RSLogix500 有两种备份功能，设计人员可以在任何时候进行操作，而且在发生掉电情况时，可以提供自动恢复文件。所有这些文件都包含与工程相关的完整说明数据库。

1）设计人员每次保存工程文件时，自动创建“Auto-Backup”文件。在“Tools/Options/System Options”对话框“System Preferences”选项卡内，通过输入“Number of Backups”来预置工程要保留的备份数。自动备份文件（存为 .RSS 文件）具有 BAK 字样以及附加在文件名后的一系列数字（000～999）。例如，为工程文件 TEST. RSS 创建的自动备份文件可能标志为 TEST_BAK000. RSS，更新的备份文件可能标志为 TEST_BAK001. RSS。

2）Compressed Format Backup 文件应用于存档或者交给其他用户。压缩格式备份文件包括 .RSS 文件和工程的所有数据库文件，它们被压缩成一个 .RS1 文件。包含在工程文件夹

内的自动备份文件不包括在压缩格式备份文件内。从“File”菜单单击“Backup Project”可以生成一个压缩格式的备份文件。

5. 程序的紧急恢复

如果遇到断电情况，RSLogix500 将为程序设计者提供含有当前编辑内容的最近的备份文件。当编程人员正在运行一个工程文件并保存该工程文件时，RSLogix500 自动创建文件备份。这种自动产生的恢复文件（. RSS 文件）只有在发生系统紧急故障或者掉电后，下次打开工程文件时才有用。掉电后打开工程文件时，RSLogix500 提示编程人员选择。编程人员可以打开：

1）自动保存的文件，其中保存着在掉电前所做的任何编辑工作。

2）在掉电前，用户选择保存工程时所做的上一次备份。

编程人员必须至少保存或关闭一次正在编辑的工程文件，这样自动恢复功能才能正常工作。因此，在设计一个新的工程文件后，最好立即保存该文件。这样才能确保在需要的时候启动自动恢复功能。

在“System Preferences”对话框内，可设定对工程进行自动恢复保存的时间间隔。自动恢复功能能够确保编程人员在上一次手动保存到掉电这段时间内，保存对文件所做的所有工作。

6. 程序比较功能的实现

比较命令是一个非常具有实用性的功能。一般情况下，程序设计人员在整个项目的进程中会保存多个备份文件，每个备份文件代表了不同时间段的工作内容。通过执行“Tools”菜单下的“Compare”命令，可以比较出两个项目文件不同，找出问题所在，从而提出更好的解决方案。比较命令的执行如图 6-7 和图 6-8 所示。

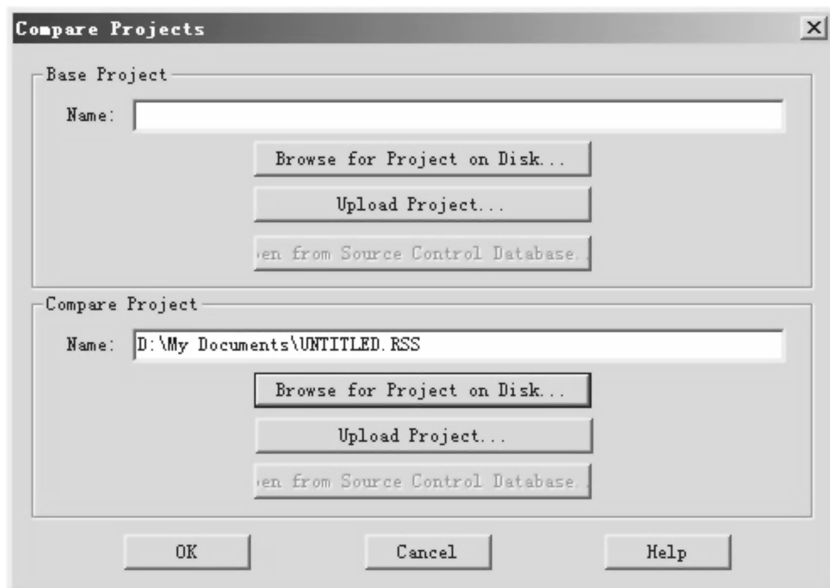


图 6-7　比较命令

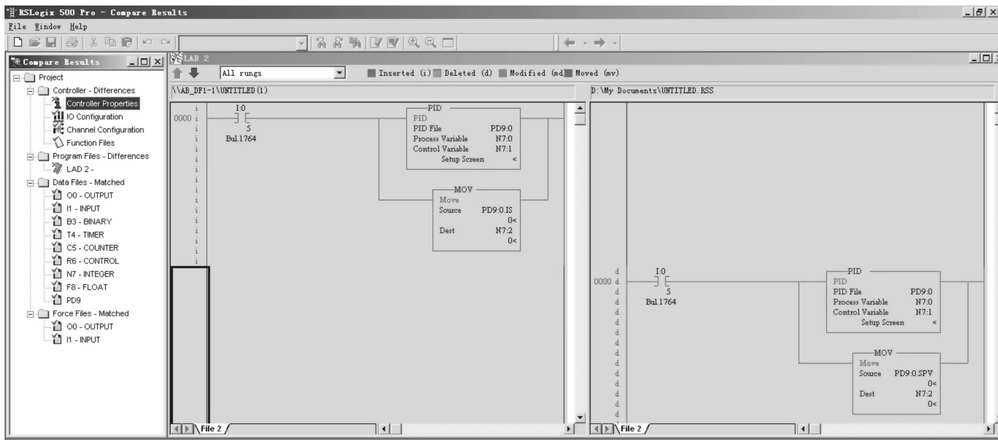


图 6-8　比较结果

6.2　控制器的 I/O 组态

在“IO Configuration”中可完成对控制器自身和扩展 I/O 模块的配置。

1. 控制器自身的组态

控制器自身的组态包括基座类型的选择和嵌入式 I/O 的组态。

组态时，双击“Controller”下的“IO Configuration”，在“IO Configuration”界面中，双击 0 槽的“Bul. 1764”，进入配置界面，如图 6-9 和图 6-10 所示。

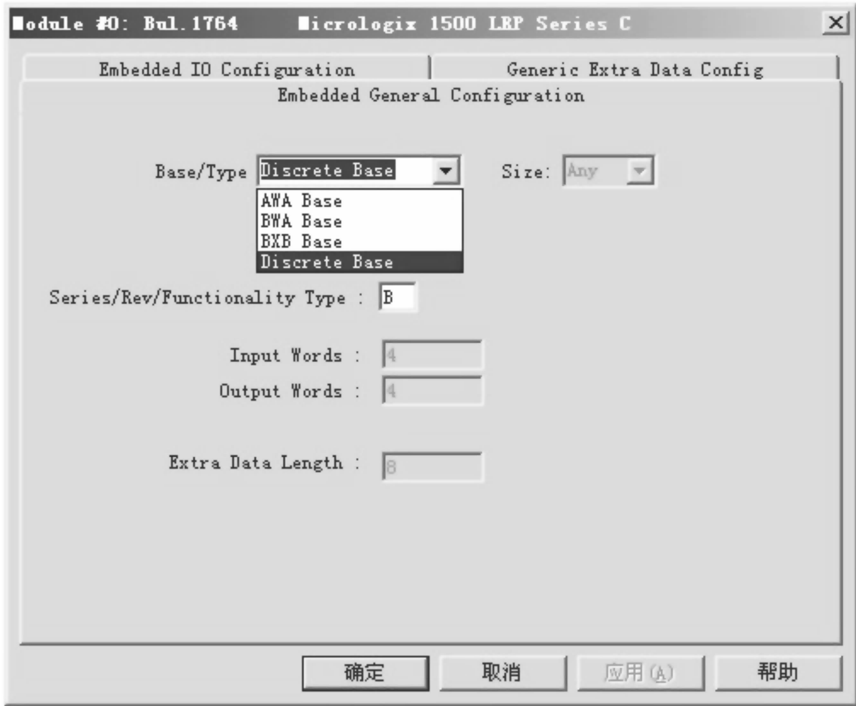


图 6-9　基座类型的选择

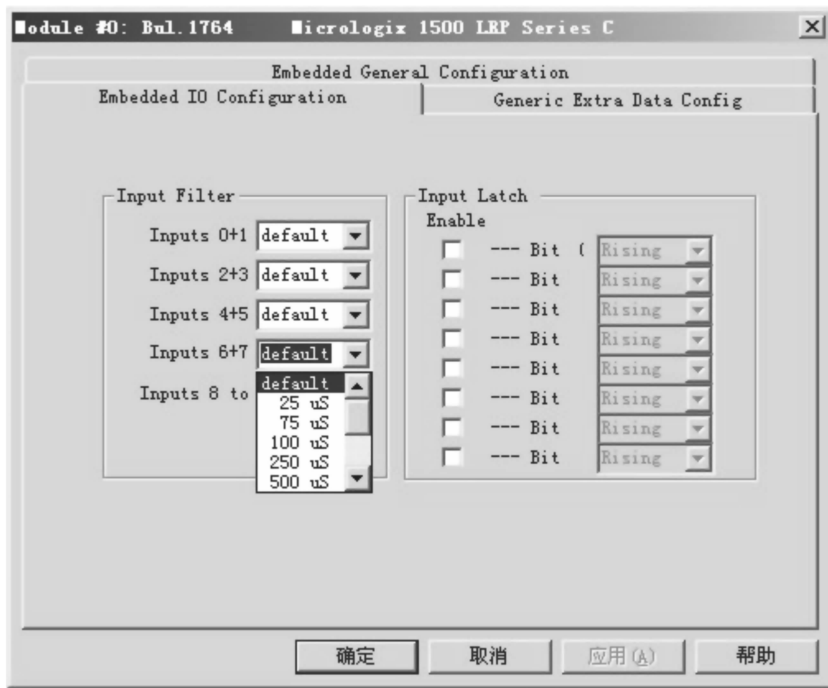


图 6-10 嵌入式 I/O 的配置

图 6-10 中，“Input Filter”表示输入滤波参数。MicroLogix1500 控制器允许将输入组态为高速输入或普通输入方式，还可以组态每个输入组的滤波响应时间。滤波响应时间决定了控制器识别外部输入电压是否达到有效“通”、“断”状态的响应时间。滤波时间越大，则控制器识别该输入点状态变化的时间越长。设置时间越长，对输入信号的滤波越干净，常用于消除环境的电磁干扰；设置时间越短，滤波越少，常用于检测很快、很短的脉冲信号。

“Input Latch”表示输入锁定。MicroLogix1500 控制器可以将输入点 0～7 组态为脉冲捕获或脉冲锁定输入。脉冲锁定输入就是捕获一个很短的脉冲信号，并保持在一个扫描周期内信号状态不变。能够被捕获的脉冲宽度是由选定的输入滤波时间决定的。

2. 扩展 I/O 模块的组态

如果控制器提供的嵌入式 I/O 点数不够，用户可以最多增加 8 个 Compact I/O 扩展模块。这些袖珍型 Compact I/O 模块（1769 系列）可以提供离散量输入/输出、模拟量输入/输出，还有一些特殊模块。MicroLogix1500 控制器可增加的扩展 I/O 数量由这些模块中的 I/O 所需要的电流决定。如图 6-11 所示，在 1 槽上添加“1769-IQ16”模块。

按钮“Read IO Config.”用来读取选中控制器的 I/O 配置情况；按钮“PowerSupply”用来查看电源对框架内负载的供电情况。

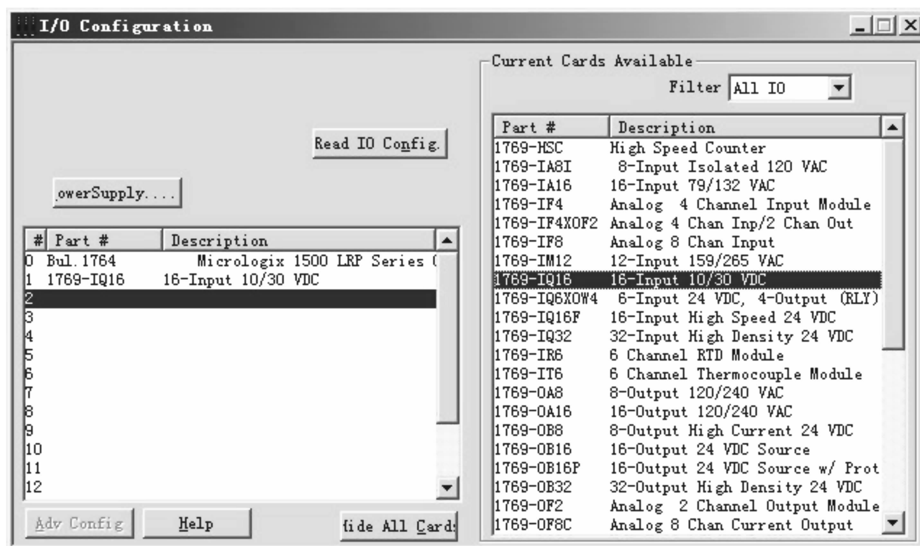


图 6-11　扩展模块的组态

6.3　监视数据

MicroLogix1500 系统提供了用户数据监视、用户图表监视、配方监视和趋势图。

1. 用户数据监视

用户数据监视（Custom Data Monitors，CDM）功能可以实现对位地址和字地址的监视。用户数据监视列表里的地址可以来自任何数据表文件，不必来自同一数据表文件。

用户数据监视包括以下特点：

1）CDM 列表中能够包含位地址或字地址。

2）CDM 列表中能够包含 ASCII 码注释，从而帮助用户区分列表。

3）每个工程可以定义多达 256 个 CDM 列表（0～255）。

4）CDM 名称不能超过 20 个字符。

5）CDM 解释不能超过 59 个字符。

6）可使用“Ctrl”和“Shift”从数据表文件一次拖放多个地址至 CDM 文件。

工程列表中包含一个默认的 CDM，可以新建一个 CDM 或在默认的 CDM 中输入要监视的变量的地址。

2. 用户图表监视

用户图形监视（Custom Graphical Monitors，CGM）是用更好理解的图形方式来实现数据监视，仅 RSLogix500 专业版本支持该功能。它是一个表格，用户可以在表格中使用按钮、滑块、标尺和图表以及文本和输入镜像等 ActiveX 控件。因为这些是典型的 ActiveX 控件，所以用户需要在设计模式下布置、组态控件，然后转到运行模式来激活控件。

工程列表中包含一个默认的 CGM。

3. 配方监视

配方监视（Recipe Monitors）是一种特殊用途的用户数据监视，它用一个索引来监视一

组相关的间接地址。很多 SLC 和 MicroLogix 工程包含数据表，其中每个元素对于不同的操作模式都是相关的。当这些数据表被聚在一起，例如，每个文件的元素 1 对应装配线的模式 1，该装配线用于生产 1 号产品，这就是所谓“配方”。知道配方最简单的方法就是对每个相关的数据文件都使用一个带有间接地址的参考地址。配方监视为这类应用提供了简单、直观的界面。

4. 趋势图

一个趋势图（Trends）可以同时记录不止一个地址的数据，然而与之相反的是柱状图只能同时记录一个地址的数据。

该选项提供了 RSTrendX Viewer plus 远程绘制趋势图功能。RSTrendX Viewer 是用趋势图或带状记录纸的形式来显示过程数据的 ActiveX 控件。它是基于 RSTrend Data Acquisition 和 Trending 软件中的 Viewer 显示器。

如果要创建一个趋势图，右键单击趋势图文件夹并选择“新建”。趋势图保存在工程中，记录的数据并不保留。用户可以在离线或在线的状态下创建趋势图组态。如果想绘制趋势图，用户必须在线。

双击已建好的趋势图，在“Chart Properties”（属性）中设置趋势图的属性，如图 6-12 所示。

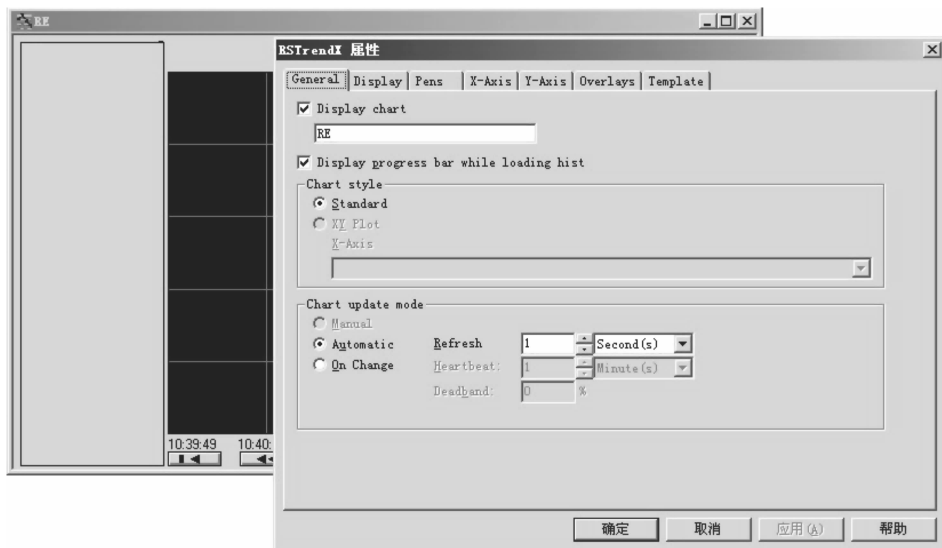


图 6-12　趋势图属性的设定

在属性界面上，可以设定变量的刷新时间、数据及图表的显示方式、变量的定义、X 轴和 Y 轴的显示特性、显示模板。

单击“Pens”选项卡，单击“Add/Configue Tags”按钮，在弹出的对话框中添加拟监视的趋势变量，如图 6-13 所示。

5. 柱状图

柱状图必须是处于在线状态才能获得。在“Comms”菜单中，单击“Histogram”来显示柱状图对话框。

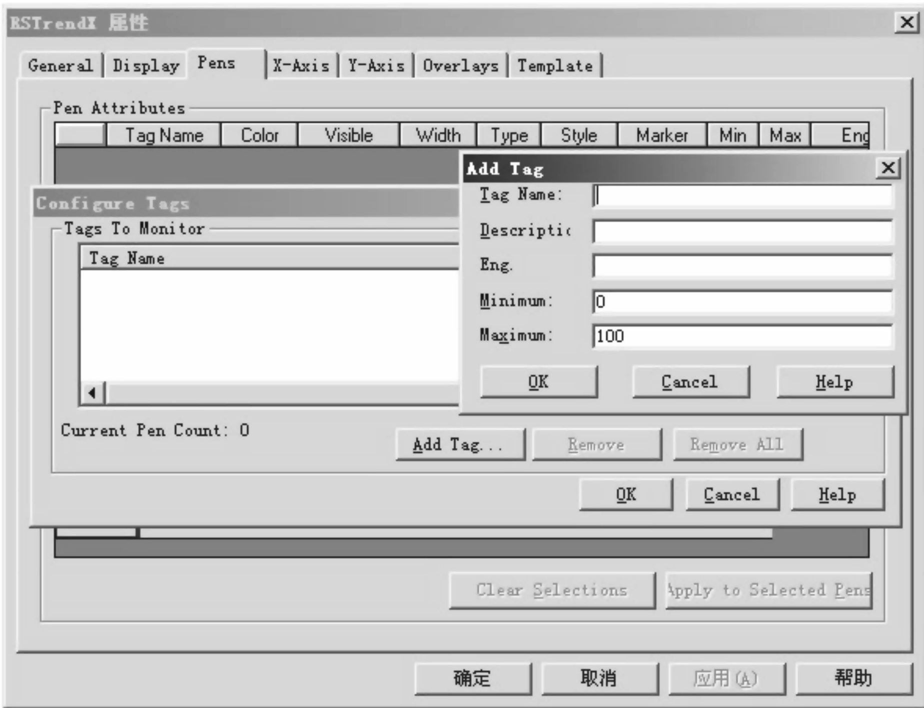


图 6-13　趋势变量的添加

在对话框的地址栏中输入地址，单击“Start”（开始），柱状图功能给控制器发送一个信息来启动数据记录。每次地址值改变的时候，控制器就在柱状图缓冲器中存储该数值，同时记录下新的数值以及数值变化的时间间隔。该数据显示在柱状图显示窗口的顶部。如果需要频繁记录某个数据，可以保存该组态，这样就能方便地加载数据，而不需要每次都输入新的参数。使用“保存”和“加载”（右键菜单）实现此功能。柱状体监视效果如图 6-14 所示。

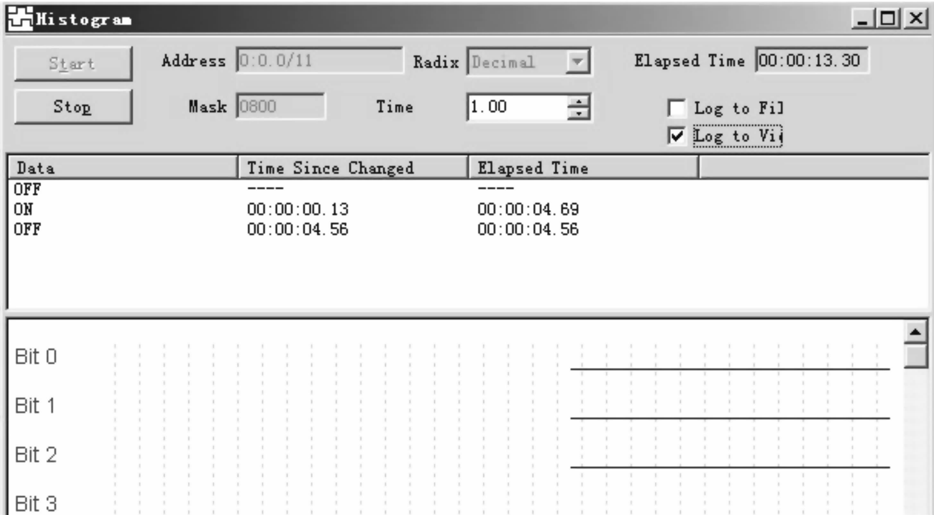


图 6-14　柱状图监视变量

6. 数据记录仪

数据记录（Data Logging）仅限 MicroLogix1500 LRP 控制器。

使用数据记录功能定义、编辑数据记录集，并通过通信设备进行读取。控制器里的数据在一个扫描周期内是保持不变的。单击工程列表中“数据记录”文件夹里的“配置”图标，就可以获得记录数据的功能。然后右键“数据记录组态”，在菜单中选择“新建”，如图 6-15 所示。

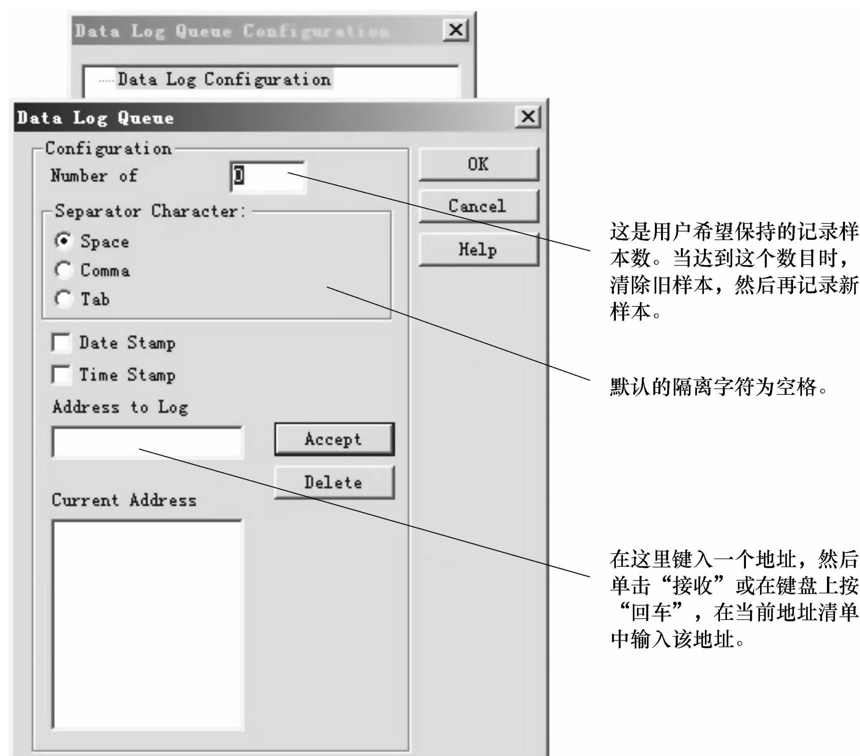


图 6-15　数据记录仪的配置

7. 交叉参考报告

交叉参考报告（Cross Reference）列出工程中所有的逻辑地址并给出每个地址每次出现的位置。该报告包括如下数据：地址、符号、说明、文件号#（及其文件名）和行号#。可以通过符号和地址来区别交叉参考报告。

6.4　数据文件的保护和程序的加密

控制器具有对数据文件的保护和对程序文件的加密功能。

1. 数据文件的保护

如图 6-16 所示，在 B3 文件的属性对话框中，选定“Memory Module/Download”，对数据进行保护。



图 6-16　数据文件的保护

控制器中的数据文件设定了下载保护属性，则在离线文件中如果该数据文件中的数据被修改，在向控制器下载/传送新程序时，此数据文件中的数据不会被改变。

具有下载保护属性的数据文件并不会阻止程序梯形图对数据文件中数据的修改。

2. 程序文件的加密

MicroLogix1500 控制器具有内置的数字密码保密系统。密码最多可由 10 个数字（0 ~ 9）组成，每个控制器程序可有两个密码：密码和管理密码。“密码”可限制对控制器的存取，而“管理密码”的权限则大过“密码”。这样，在一个项目中每个控制器都可以有不同的“密码”，但是，“管理密码”则可对任何控制器进行存取，用于管理或维护等用途。

使用“Controller Properties”（控制器属性）对话框新建、改变、删除密码，但是，除非某密码仍在使用，管理密码将被忽略。控制器密码设定界面如图 6-17 所示。

一旦设置了密码，则在进行 Offline 和 Online 操作时均需要输入密码。

当用户丢失了密码，则无法完成对控制器程序的修改。如果想更新的话，输入数字 65257636，编程软件会提示“Are you sure you want to clear processor memory and then abort the operation?”，确认后，系统会对控制器的存储器清 0，所有代码被清 0，重新编写程序下载。



图 6-17 控制器密码的设定

6.5 仿真软件

在控制系统设计过程中，由于机械部分大多安装在现场，并且一旦现场安装完成后，往往留给编程人员调试程序的时间很少，因此控制程序大部分要在离线的情况下编写，并且要保证程序的逻辑关系基本正确。这就需要对控制程序进行仿真以验证程序的准确性。RSLogix Emulate500 软件可以用来仿真 MicroLogix1500 控制器中的控制程序。

仿真时，可按照以下步骤进行：

1. 在 RSLinx 中配置驱动

在 RSLinx Classic 软件中，单击“Communications”选项卡，单击“Configure Drivers”，在可用驱动类型中选择“SLC500（DH485）Emulate Driver”，单击“Add New”，在出现的对话框中，令“Station Number（0－31）=0”并对“Station Name”命名，单击“OK”按钮，完成配置，如图 6-18 所示。

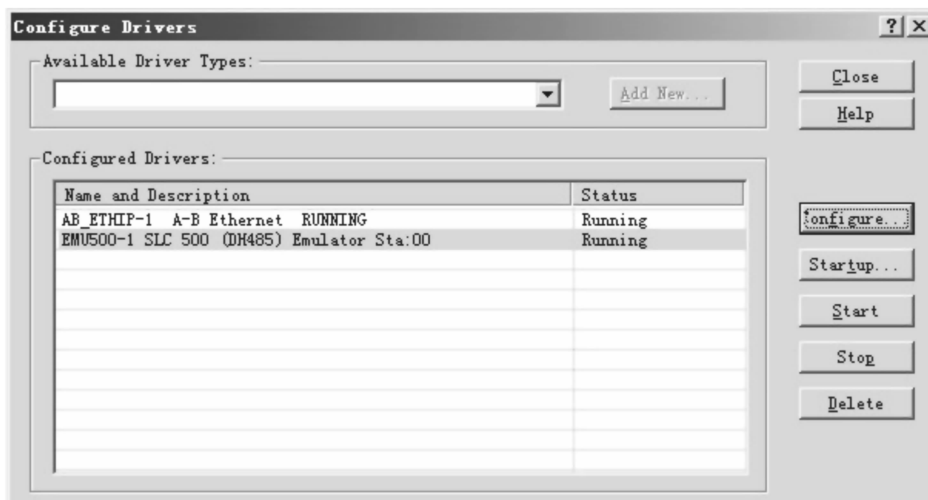


图 6-18 仿真软件驱动配置

2. 在 RSLogix500 English 中配置驱动

如图 6-19 所示，在控制器属性对话框中修改驱动类型和控制器的节点号。



图 6-19　仿真时控制器驱动配置

3. 在 RSLogix Emulate500 中打开拟仿真的控制程序

打开 RSLogix Emulate500 仿真软件，打开拟仿真的控制程序，在出现的对话框中，“Station #”的值与控制器的节点号相同，本例中都设定为 2，如图 6-20 所示。

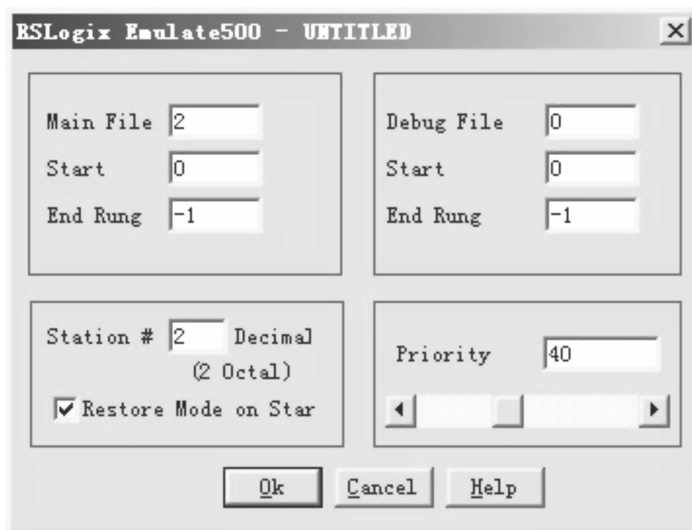


图 6-20　仿真软件站号的选择

单击仿真软件中的“RUN”按钮，使程序运行。

4. RSLogix500 English 中仿真的实现

在 RSLogix500 English，选择在线工具栏中的“Go Online”（上线）命令，开始仿真过

程。通过强制命令，使逻辑梯形图中的输入条件闭合，验证输出的逻辑关系，如图 6-21 所示。

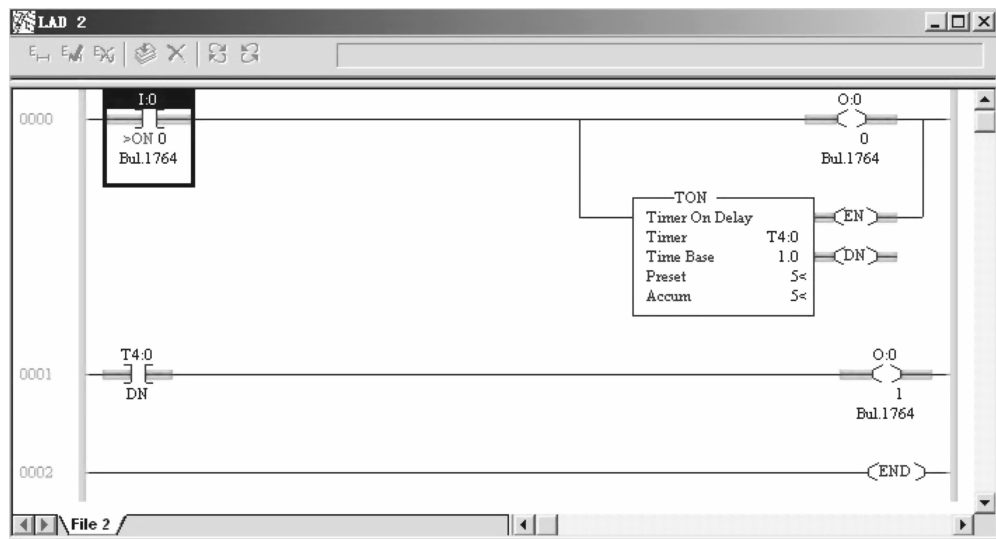


图 6-21 仿真程序运行效果

第 7 章　功 能 文 件

功能文件是 MicroLogix1100/1200/1500 控制器所特有的，是状态寄存器和控制寄存器的集合。这些信息可通过用于某个特定函数或 MOV、ADD 等标准指令作用于用户的控制程序中。功能文件存在于非用户存储区，拥有固定的长度和固定的地址。

MicroLogix1100/1200/1500 控制器的功能文件包括高速计数器（HSC）、高速脉冲输出（PTO）、脉宽调制 PWM、可选定时中断 STI、事件输入中断（EII）、实时时钟（RTC）、数据存取仪（DAT）（MicroLogix1200/1500 控制器特有）、微调电位器（TPI，MicroLogix1200/1500 控制器特有）、存储器模块信息（MMI）、基本硬件信息（BHI）、通信状态文件 CS0、CS1（CS1 为 MicroLogix1500 控制器特有）、输入/输出状态（IOS）、液晶显示（LCD，MicroLogix1100 控制器特有）、以太网通信状态文件 ES（MicroLogix1100 控制器特有）。

可选定时中断（STI）、事件输入中断（EII）已在其他章节中有所介绍，本章介绍其他功能文件。

7.1　高速计数器（HSC）

基座 1764-AWA 具有无高速脉冲输入、输出功能；基座 1764-BWA 具有高速脉冲输入功能，无高速脉冲输出功能；基座 1764-BXB 具有高速脉冲输入、输出功能。

处理器 MicroLogix1200 有 1 个高速计数器，MicroLogix1500 有 2 个高速计数器，可通过组态设定某个点为高速脉冲输入端。HSC0（High Speed Counter 0）对应 0 ~ 3 输入端，HSC1 对应 4 ~ 7 输入端，最大输入 20kHz；高速计数器只对嵌入 I/O 有效，对扩展 I/O 无效。

加计数时，上溢出值为 2 147 483 647；减计数时，下溢出值为 −2 147 483 648。通过定义高速计数器的工作模式来定义高速脉冲的输入端地址。

高速计数器输入存在响应时间的问题。输入脉冲的频率不同，响应时间也不同。如输入信号为占空比 50%、频率 20kHz 时，滤波器延时为 0.025ms，最小接通时间为 0.005ms，最大接通时间为 0.025ms，最小断开为时间为 0.005ms，最大断开时间为 0.025ms；输入信号为占空比 50%、频率 1kHz 时，滤波器延时为 0.500ms，最小接通时间为 0.370ms，最大接通时间为 0.500ms，最小断开时间为 0.330ms，最大断开时间为 0.500ms。

1764-28BXB 有 2 个高速脉冲输出通道，地址为 O：0/2 和 O：0/3。

高速计数器采用中断的方式运行，属于硬件计数。它独立于 PLC 的扫描周期，因此不受 PLC 扫描周期的限制。普通的计数器采用 PLC 常规扫描的方式工作，其计数过程占用 PLC 的扫描周期时间。

高速计数器在使用前必须先经过配置，然后在程序中通过 HSL 指令加载。

7.1.1　HSC 的工作模式

高速计数器有 8 种工作模式，在地址 HSC：0.MOD 中进行设定。该变量值只能在编程

设备中设定，不能通过逻辑程序进行修改。表 7-1 ~ 表 7-8 以 HSC0 为例，对 8 种工作模式进行说明。表中，加计数信号、减计数信号、复位信号是上升沿或下降沿信号有效；保持信号和选通信号 CE 是高电平信号有效；表中的空白处表示没有影响。

1. 模式 0：加法计数

表 7-1 模式 0

使用的输入端	I：0/0	I：0/1	I：0/2	I：0/3	CE 位	说明
功能	计数	未使用	未使用	未使用	选通位	
举例 1	↑				1	累加值加 1
举例 2	脉冲				0	累加值不变

注：↑表示上升沿信号；↓表示下降沿信号，见表 7-1 ~ 表 7-8。

2. 模式 1：加法计数（有外部复位和累加器保持信号）

表 7-2 模式 1

使用的输入端	I：0/0	I：0/1	I：0/2	I：0/3	CE 位	说明
功能	计数	未使用	复位	保持	选通位	
举例 1	↑		1 变 0↓	0	1	累加值加 1
举例 2			1 变 0↓	1		累加值不变
举例 3			1 变 0↓		0	累加值不变
举例 4	1 变 0		1 变 0↓			累加值不变
举例 5			↑			累加器清 0

3. 模式 2：双向计数（有外部方向控制信号）

表 7-3 模式 2

使用的输入端	I：0/0	I：0/1	I：0/2	I：0/3	CE 位	说明
功能	计数	方向	未使用	未使用	选通位	
举例 1	↑	0			1	累加值加 1
举例 2	↑	1			1	累加值减 1
举例 3					0	累加值不变

4. 模式 3：双向计数（有外部方向、复位和累加器保持信号）

表 7-4 模式 3

使用的输入端	I：0/0	I：0/1	I：0/2	I：0/3	CE 位	说明
功能	计数	方向	复位	保持	选通位	
举例 1	↑	0	1 变 0↓	0	1	累加值加 1
举例 2	↑	1	1 变 0↓	0	1	累加值减 1
举例 3			1 变 0↓	1		累加值不变
举例 4			1 变 0↓		0	累加值不变
举例 5	1 变 0↓		1 变 0↓			累加器不变
举例 6			↑			累加器清 0

5. 模式4：双输入计数（一个加法计数，一个减法计数）

表 7-5　模式 4

使用的输入端	I：0/0	I：0/1	I：0/2	I：0/3	CE 位	说明
功能	加计数	减计数	未使用	未使用	选通位	
举例 1	↑	1 变 0			1	累加值加 1
举例 2	1 变 0	↑			1	累加值减 1
举例 3					0	累加值不变

6. 模式5：双输入计数（一个加法计数，一个减法计数，有外部复位和累加器保持信号）

表 7-6　模式 5

使用的输入端	I：0/0	I：0/1	I：0/2	I：0/3	CE 位	说明
功能	计数	方向	复位	保持	选通位	
举例 1	↑	1 变 0	1 变 0	0	1	累加值加 1
举例 2	1 变 0	↑	1 变 0	0	1	累加值减 1
举例 3			1 变 0	1		累加值不变
举例 4			1 变 0		0	累加值不变
举例 5	1 变 0		1 变 0			累加值不变
举例 6			↑			累加器清 0

7. 模式6：相位差计数器（A、B 相作为输入信号）

表 7-7　模式 6

使用的输入端	I：0/0	I：0/1	I：0/2	I：0/3	CE 位	说明
功能	计数	方向	复位	保持	选通位	
举例 1①	↑	0			1	累加值加 1
举例 2②	↓	0			1	累加值减 1
举例 3	0					累加值不变
举例 4	1					累加值不变
举例 5		1				累加器不变
举例 6					0	累加器不变

① 计数输入信号 A 超前于 B。

② 计数输入信号 B 超前于 A。

8. 模式7：相位差计数器（A、B 相作为输入信号，有外部复位和保持信号）

表 7-8　模式 7

使用的输入端	I：0/0	I：0/1	I：0/2	I：0/3	CE 位	说明
功能	计数信号 A	计数信号 B	复位信号 Z	保持	选通位	
举例 1①	↑	0		0	1	累加值加 1

（续）

使用的输入端	I：0/0	I：0/1	I：0/2	I：0/3	CE 位	说明
举例 2②	↓	0	0	0	1	累加值减 1
举例 3	↓变为 0	0	1			累加器清 0
举例 4	1					累加值不变
举例 5		1				累加值不变
举例 6			0	1		累加值不变
举例 7			0		0	累加值不变

① 计数输入信号 A 超前于 B。
② 计数输入信号 B 超前于 A。

如果选用的是 HSC1，则表 7-1 ~ 表 7-8 中的 I：0/0 ~ I：0/3 对应于 I：0/4 ~ I：0/7。

复位信号、保持信号的级别优于选通信号 CE。

HSC 子系统检测到的计数值储存在 ACC 内。当 HSC 处于模式 0 或 1，如果累加值达到高设定值，变成上溢出状态，则 ACC 的值被清 0。

7.1.2 HSC 功能文件子元素

MicroLogix1500 控制器的 HSC0 功能文件子元素说明如下：

1. 程序文件号（PFN）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
PFN	HSC：0. PFN	字（整数）	0 ~ 7	控制	只读

PFN（程序文件号）变量用来定义中断子程序号，如果 HSC0 达到“高设定值/低设定值”、或超过“上溢出值/下溢出值”时，HSC0 就会调用此子程序。该变量的整数值为被执行程序的文件号，有效范围为 3 ~ 255。

2. 故障代码（ER）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
ER	HSC：0. ER	字（整数）	0 ~ 7	状态	只读

ER 是故障代码标志位，故障代码为 1，表示无效的文件号；故障代码为 2，表示无效的模式；故障代码为 3，表示无效的高设定值（模式 0、1 时，高设定值小于等于 0；模式 2 ~ 7 时，高设定值小于或等于低设定值）；故障代码为 4，表示无效的上溢出值，高设定值大于上溢出值。

3. 中断功能选通（FE）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
FE	HSC：0/FE	位	0 ~ 7	控制	读/写

FE（中断功能选通）位可由用户逻辑程序控制什么时候选通 HSC 中断，由 HSC 产生的中断将会按优先权执行。当 HSC 设定为自动启动时，如果 HSC 被自动启动，控制器就会自动将此位置 1。

4. 自动启动（AS）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
AS	HSC：0/AS	位	0 ~ 7	控制	只读

AS 是一个控制位，可用于控制程序中。用编程装置可设定自动启动位，并将它作为用户程序部分储存起来。如果此位为 1，则只要控制器进入“运行”或“测试”模式，HSC 功能就会自动被启动。

5. 故障检测（ED）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
ED	HSC：0/ED	位	0 ~ 7	状态	只读

ED 是一个状态标志位，可用于控制程序中，用来检测 HSC 子系统是否有故障。此位为 1 的最常见故障是组态错误。如果此位为 1，用户应该检测 HSC：0. ER 参数内的故障代码。此位由系统控制自动置 1 或清 0。

6. 允许高速计数（CE）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
CE	HSC：0/CE	位	0 ~ 7	控制	读/写

CE 控制位可用来决定是否选通高速计数器。如果此位为 1，则选通高速计数器，如果为 0（默认值），则禁止选通高速计数器。如果计数器正在运行时 CE 位被置 0，则计数器的累加值保持不变；如果再将 CE 位置 1，则计数器会从原来的累加值恢复计数。此位由用户程序控制，而且在重新上电时仍保持 CE 位的值不变。

7. 设定参数（SP）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
SP	HSC：0/SP	位	0 ~ 7	控制	读/写

SP 是控制位，用来将新的变量装入到 HSC 子系统中。具有 HSC：0/SP 地址的 OTE 指令被启动（从“断开”到“接通”的瞬变）时，所有存储在 HSC 功能文件中的变量被逐一检查，然后将各变量送入 HSC 子系统，HSC 就会按新的设定变量工作。

此位由用户程序控制，而且在重新上电时保持其值不变。此位由用户置 1 或清 0。当 HSC 正在运行时，可以将 SP 的值进行切换，而计数值并不会丢失。

8. 允许中断（UIE）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
UIE	HSC：0/UIE	位	0 ~ 7	控制	读/写

UIE 是控制位，用来选通或禁止 HSC 子程序的执行。当以下条件符合时，如果用户想让控制器转去执行中断子程序，则必须将 UIE 位置 1：

1）达到低设定值。

2）达到高设定值。

3）上溢出：加法计数，超过上溢出值。

4）下溢出：减法计数，超过下溢出值。

如果此位为 0，HSC 子系统就不会自动扫描 HSC 子程序。此位可以由用户程序控制（使用 OTE、UIE、UID 指令）。当用 OTE、UIE 或 UID 指令在程序扫描期间允许中断，则这些指令必须是梯形图中的最后指令（最后分支中的最后指令），且此指令是梯形程序中的唯一输出指令。

9. 正在执行中断程序（UIX）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
UIX	HSC：0/UIX	位	0 ~ 7	状态	只读

当 HSC 子系统开始执行中断子程序时，UIX 位被置 1。当控制器完成中断子程序处理后，UIX 位被清 0。UIX 位可以作为逻辑条件用于控制程序中，以便检测 HSC 中断程序是否正在执行。

10. 用户中断等待执行（UIP）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
UIP	HSC：0/UIP	位	0 ~ 7	状态	只读

UIP 是一个状态标志位，表示某个中断程序被等待执行。此状态位可被监视，也可用于控制程序中，以便确定什么时候某个中断子程序不能立即被执行。此位由系统控制，自动置 1 或清 0。

11. 用户中断丢失（UIL）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
UIL	HSC：0/UIL	位	0 ~ 7	状态	读/写

UIL 是一个状态标志位，表示某中断已丢失。MicroLogix1500 控制器允许一个中断正在进行，同时最多可有两个中断处于等待执行状态。如果发生用户中断丢失，则 UIL 位由控制器置 1。

12. 低设定值屏蔽（LPM）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
LPM	HSC：0/LPM	位	2 ~ 7	控制	读/写

LPM 是一个控制位，用来允许或禁止发生“低设定值中断”。如果此位置 0，即使 HSC 检测到符合“达到低设定值”条件，用户中断程序也不会被执行。此位由用户程序控制，控制器重新上电也会保持其值不变。用户程序可对此位清 0 或置 1。

13. 低设定值中断（LPI）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
LPI	HSC：0/LPI	位	2 ~ 7	状态	读/写

LPI 是一个状态位，当 HSC 累加值达到“低设定值”，则此位被置 1，同时触发 HSC 中断。此位可用于控制程序中，以识别是否发生了低设定值中断。如果控制程序需要根据低设定值而执行特殊控制，则此位可以作逻辑条件来使用。

此位可由控制程序清0，而且，只要检测到以下条件成立，HSC子系统就会将此位清0。

1）高设定值中断开始执行。

2）下溢出中断开始执行。

3）上溢出中断开始执行。

4）控制器进入程序执行模式。

14. 达到低设定值（LPR）

子元素名称	地址	数据	HSC模式	文件类型	用户程序存取方式
LPR	HSC：0/LPR	位	2～7	状态	只读

LPR是一个状态标志位，只要HSC的累加值（HSC：0. ACC）小于或等于低设定值变量（HSC：0. LOP），此位就会被置1。只要控制器处于程序执行模式，HSC子系统就会连续刷新LPR位的值。

15. 高设定值屏蔽（HPM）

子元素名称	地址	数据	HSC模式	文件类型	用户程序存取方式
HPM	HSC：0/HPM	位	0～7	控制	读/写

HPM是一个控制位，用来允许或禁止发生“高设定值中断”。如果此位置0，即使HSC检测到符合“达到高设定值”条件，用户中断程序也不会被执行。此位由用户程序控制，控制器重新上电也会保持其值不变。用户程序可对此位清0或置1。

16. 高设定值中断（HPI）

子元素名称	地址	数据	HSC模式	文件类型	用户程序存取方式
HPI	HSC：0/HPI	位	0～7	状态	读/写

HPI是一个状态位，当HSC累加值达到“高设定值”，则此位被置1，同时触发HSC中断。此位可用于控制程序中，以识别是否发生了高设定值中断。如果控制程序需要根据高设定值而执行特殊控制，则此位可以作逻辑条件来使用。

此位可由控制程序清0，而且只要检测到以下条件成立，HSC子系统就会将此位清0：

1）高设定值中断开始执行。

2）下溢出中断开始执行。

3）上溢出中断开始执行。

4）控制器进入程序执行模式。

17. 达到高设定值（HPR）

子元素名称	地址	数据	HSC模式	文件类型	用户程序存取方式
HPR	HSC：0/HPR	位	2～7	状态	只读

HPR是一个状态标志位，只要HSC的累加值（HSC：0. ACC）大于或等于高设定值变量（HSC：0. HIP），此位就会被置1。只要控制器处于程序执行模式，HSC子系统就会连续刷新HPR位的值。

18. 下溢出状态（UF）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
UF	HSC：0/UF	位	0～7	状态	读/写

UF 是一个状态标志位，只要 HSC 的累加值（HSC：0. ACC）小于或等于下溢出变量（HSC：0. UNF），此位就会被置 1。此位是由 HSC 子系统自动置 1，用户根据需要来使用、跟踪 UF 位的状态，并将此位清 0。下溢出状态并不会引起控制器故障。

19. 下溢出屏蔽（UFM）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
UFM	HSC：0/UFM	位	2～7	控制	读/写

UFM 是一个控制位，用来允许或禁止发生“下溢出中断”。如果此位被置 0，即使 HSC 检测到符合“达到下溢出值”条件，用户中断程序也不会被执行。此位由用户程序控制，控制器重新上电也会保持其值不变。用户程序可对此位清 0 或置 1。

20. 下溢出中断（UFI）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
UFI	HSC：0/UFI	位	2～7	状态	读/写

UFI 是一个状态位，当 HSC 累加值达到“下溢出值”，则此位被置 1，同时触发 HSC 中断。此位可用于控制程序中，以识别是否发生了下溢出中断。如果控制程序需要根据下溢出值来执行特殊控制，则此位可以作逻辑条件来使用。

此位可由控制程序清 0，而且，只要检测到以下条件成立，HSC 子系统就会将此位清 0：

1）低设定值中断开始执行。

2）高设定值中断开始执行。

3）上溢出中断开始执行。

4）控制器进入程序执行模式。

21. 上溢出状态（OF）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
OF	HSC：0/OF	位	0～7	状态	读/写

OF 是一个状态标志位，只要 HSC 累加值（HSC：0. ACC）的计数大于或等于上溢出变量（HSC：0. OVF），此位就会被置 1。此位是由 HSC 子系统自动置 1。上溢出状态并不会引起控制器故障。

22. 上溢出屏蔽（OFM）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
OFM	HSC：0/OFM	位	0～7	控制	读/写

OFM 是一个控制位，用来允许或禁止发生“上溢出中断”。如果此位被置 0，即使 HSC 检测到符合达到“上溢出值”条件，用户中断程序也不会被执行。此位由用户程序控制，控制器重新上电也会保持其值不变。用户程序可对此位清 0 或置 1。

23. 上溢出中断（OFI）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
OFI	HSC：0/OFI	位	0～7	状态	读/写

OFI 是一个状态位，当 HSC 累加值达到“上溢出值”，则此位被置 1，同时触发 HSC 中断。此位可用于控制程序中，以识别是否发生了上溢出中断。如果控制程序需要根据上溢出值来执行特殊控制，则此位可以作逻辑条件来使用。

此位可由控制程序清 0，而且，只要检测到以下条件成立，HSC 子系统就会将此位清 0：

1）低设定值中断开始执行。

2）高设定值中断开始执行。

3）下溢出中断开始执行。

4）控制器进入程序执行模式。

24. 计数方向（DIR）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
DIR	HSC：0/DIR	位	0～7	状态	只读

DIR 是一个由 HSC 子系统控制的状态标志位。当 HSC 累加器为加法计数，则此位被置 1；当 HSC 累加器为减法计数，则此位被置 0。如果累加值停止，则 DIR 位的值仍然保持停止计数前的位值（0/1）。只有当计数方向改变时，DIR 位的值才会改变。只要控制器处于运行模式，HSC 子系统就会连续刷新此位的值。

25. 模式完成（MD）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
MD	HSC：0/MD	位	0～1	状态	读/写

MD 是一个状态标志位，如果 HSC 被组态为模式 0 或模式 1，而且计数器的累加值加法计数到“高设定值”，HSC 子系统就会将此位置 1。

26. 减法计数（CD）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
CD	HSC：0/CD	位	2～7	状态	只读

CD 位用于双向计数器。如果允许高速计数位 CE 为 1，则 CD 位被置 1；如果 CE 位为 0，则 CD 位被清 0。

27. 加法计数（CU）

子元素名称	地址	数据	HSC 模式	文件类型	用户程序存取方式
CU	HSC：0/CU	位	0～7	状态	只读

如果允许高速计数位 CE 为 1，则 CU 位被置 1；如果 CE 位为 0，则 CU 位被清 0。

28. HSC 模式（MOD）

子元素名称	地址	数据格式	文件类型	用户程序存取方式
MOD	HSC：0. MOD	字（整数）	状态	只读

29. 累加值（ACC）

子元素名称	地址	数据格式	文件类型	用户程序存取方式
ACC	HSC：0. ACC	长字（32 位整数）	控制	读/写

HSC 子系统检测到的计数值储存在 ACC 内。当 HSC 处于模式 0 或 1，如果累加值达到高设定值，变成上溢出状态，则 ACC 的值被清 0。

30. 高设定值（HIP）

子元素名称	地址	数据格式	文件类型	用户程序存取方式
HIP	HSC：0. HIP	长字（32 位整数）	控制	读/写

HIP 是计数的上设定点，当计数达到高设定值，HSC 就会产生中断。要想将“高设定值”数据装入 HSC 子系统，控制器必须完成以下各项中的一项：

1）切换“设定参数”（HSC：0/SP）控制位（从 0 变到 1）。当 SP 位被置 1，则当前存储在 HSC 功能文件中的各个数据会被传送到 HSC 子系统中。

2）使用 HSL 指令装入新的 HSC 参数。被装入的“高设定值”数据必须小于或等于驻留的“上溢出值”（HSC：0. OVF）参数，否则，将产生 HSC 故障。

31. 低设定值（LOP）

子元素名称	地址	数据格式	文件类型	用户程序存取方式
LOP	HSC：0. LOP	长字（32 位整数）	控制	读/写

LOP 是计数的下设定点，当计数达到低设定值，HSC 就会产生中断。要想将“低设定值”数据装入 HSC 子系统，控制器必须完成以下各项中的一项：

1）切换“设定参数”（HSC：0/SP）控制位（从 0 变到 1）。当 SP 位被置 1，则当前储存在 HSC 功能文件中的各个数据会被传送到 HSC 子系统中。

2）使用 HSL 指令装入新的 HSC 参数。被装入的“低设定值”数据必须大于或等于驻留的“下溢出值”（HSC：0. UNF）参数，否则，将产生 HSC 故障。

32. 上溢出值（OVF）

子元素名称	地址	数据格式	文件类型	用户程序存取方式
OVF	HSC：0. OVF	长字（32 位整数）	控制	读/写

OVF 定义了计数器的上计数极限值。如果累加值大于此变量，就会产生“上溢出中断”，同时，HSC 子系统将累加值从“上溢出值”改变为“下溢出值”，计数器继续从“下溢出值”加法计数（在此过程中，输入的计数信号不会被漏掉）。用户可以在 -2 147 483 648 ~ 2 147 483 647之间选定上溢出值，但必须是“上溢出值”大于“下溢出值”。

要想将“上溢出值”数据装入 HSC 子系统，控制器必须切换“设定参数”（HSC：0/SP）控制位（从 0 变到 1）。当 SP 位被置 1，则当前储存在 HSC 功能文件中的各个数据会被传送到 HSC 子系统中。被装入的“上溢出值”数据必须大于驻留的“高设定值”（HSC：0. HIP）参数，否则，将产生 HSC 故障。

33. 下溢出值（UNF）

子元素名称	地址	数据格式	文件类型	用户程序存取方式
UNF	HSC：0. UNF	长字（32 位整数）	控制	读/写

与上溢出值（OVF）类似。

34. 输出屏蔽位（OMB）

子元素名称	地址	数据格式	文件类型	用户程序存取方式
OMB	HSC：0. OMB	字（16 位二进制）	控制	只读

OMB 定义了 MicroLogix1500 控制器基本单元上（O：0/0 ~ O：0/11）的哪些输出点可以被 HSC 直接控制。根据 HSC 累加值是否达到“高设定值”或“低设定值”，HSC 子系统可以直接使输出点“接通”或“断开”，而无须经过梯形程序的控制。

例如 HSC：0. HPO（高设定值输出）为 0000 0000 0000 1111，输出屏蔽位（OMB）为 0000 0000 0000 1101，则基本单元的 O：0/0，O：0/2，O：0/3 被置为 1，而 O：0/1 没有被屏蔽，仍受到程序的控制。

35. 高设定值输出（HPO）

子元素名称	地址	数据格式	文件类型	用户程序存取方式
HPO	HSC：0. HPO	字（16 位二进制）	控制	读/写

HPO 是用来定义：当累加值达到“高设定值”时，MicroLogix1500 控制器基本单元上输出点的状态（0/1）。

高设定值输出位的数值可以在开始设定中组态好，也可以在控制器工作时进行组态。当控制器正在工作时，可使用 HSL 指令或 SP 位来装入新的参数值。

36. 低设定值输出（LPO）

子元素名称	地址	数据格式	文件类型	用户程序存取方式
LPO	HSC：0. LPO	字（16 位二进制）	控制	读/写

与高设定值输出（HPO）类似。

7.1.3 高速计数器指令

1. 参数装入指令（HSL）

参数装入指令（HSL）属于输出指令，如图 7-1 所示。

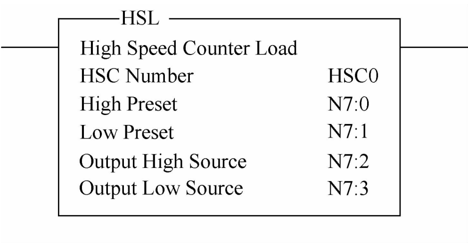


图 7-1 参数装入指令（HSL）

HSL 指令允许将高设定值、低设定值、高设定值输出源、低设定值输出源等参数送入到高速计数器内。执行参数分别解释如下：

1）HSC Number：计数器号，指定所使用的高速计数器号。0 = HSC0，1 = HSC1。

2）High Preset：高设定值，指定在“高设定值寄存器”内的数值。高设定值的数据范围是：－32 768 ~ 32 767（字）或－2 147 483 648

~2 147 483 647（长字）。

3）Low Preset：低设定值，指定在“低设定值寄存器”内的数值。低设定值的数据范围是：－32 768～32 767（字）或－2 147 483 648～2 147 483 647（长字）。

4）Output High Source：高设定值输出源，指定在“高设定值输出寄存器 HPO”内的数值。高设定值输出源的数据范围是 0～FFFF。

5）Output Low Source：低设定值输出源，指定在“低设定值输出寄存器 LPO”内的数值。低设定值输出源的数据范围是 0～FFFF。

2. 累加值复位指令（RAC）

累加值复位指令（RAC）属于输出指令，如图 7-2 所示。

RAC 指令可使高速计数器复位，并允许将一个特定值写到 HSC 的累加器内。RAC 指令使用如下参数：

1）Counter Number：计数器号，指定所使用的计数器。0＝HSC0；1＝HSC1。

2）Source：源，指定被送入 HSC 累加器的数据所在的位置。数据范围是－2 147 483 648～2 147 483 647。

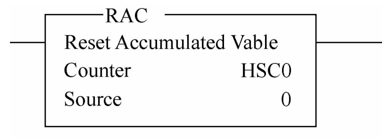


图 7-2　累加值复位指令（RAC）

若 HSC 工作在模式 0 或模式 1，则当计数值达到高设定值时，HSC 进入溢出状态，累加器内的值自动清 0，所以在这两种模式下工作时不需要该指令。

7.1.4　PLS 文件

可编程限位开关（Programmable Limit Switch，PLS）文件仅限于 Series C 版本的控制器，对于 Series A/B 版本的控制器不能使用。

PLS 文件可以将高速计数器配置为可编程限位开关或旋转凸轮开关来使用。

在启用 PLS 操作时，HSC（高速计数器）将 PLS 数据文件用于极限/凸轮位置。每个极限/凸轮位置均有对应的数据参数，这些参数用于设置或清除控制器基本单元上的物理输出。PLS 功能只与 MicroLogix 控制器的 HSC 一起运行。要使用 PLS 功能，必须先配置 HSC。

1. PLS 数据文件

数据文件 9～255 可以用于 PLS 操作。每个 PLS 数据文件的最大长度为 256 个元素。PLS 文件中的每个元素占用内存的 6 个用户字。

2. PLS 操作

在启用 PLS 功能，并且控制器处于运行模式时，HSC 将计数输入脉冲。在计数达到 PLS 文件中定义的第一个预置值（HIP 或 LOP）时，将通过 HSC 屏蔽码写入输出源数据（OHD 或 OLD）。此时，PLS 文件中定义的下一个预置值（HIP 或 LOP）开始生效。当 HSC 计数达到新的预置值时，将通过 HSC 屏蔽码写入新的输出数据。这个过程持续直到加载 PLS 文件内的最后一个元素为止。此时，将 PLS 文件内活动的元素复位，该动作被称为循环操作。

只在达到高预置（HIP）时写入高输出数据（OHD），在达到低预置时写入低输出数据（OLD）。高输出数据只在计数器递增计数时起作用，低输出数据只在计数器递减计数时起作用。

如果在操作过程中加载了无效的数据，则会发生 HSC 错误（在 HSC 功能文件内）。该错误不会导致控制器故障。如果检测到无效参数，将跳过该参数，加载下一个参数执行

（如果其有效）。

可以在递增（高）、递减（低）或两个方向上使用 PLS。如果应用程序只在一个方向上计数，则忽略其他参数。

PLS 功能可以与所有其他 HSC 功能一起工作。选择产生用户中断的 HSC 事件的功能不受限制。

3. PLS 文件的寻址

表 7-9 显示了 PLS 文件的寻址格式。

表 7-9　PLS 文件的寻址

格式	说　明		
PLSf：e. s	PLS	可编程限位开关文件	
	f	文件编号	有效数字 9 ~ 255
	：	元素分隔符	
	e	元素编号	有效数字 0 ~ 255
	.	子元素分隔符	
	s	子元素编号	有效数字 0 ~ 5
示例	PLS10：2 PLS10：2. 5	PLS 文件 10，元素 2 PLS 文件 10，元素 2，子元素 5（低输出源）	

4. PLS 示例

PLS 功能只能应用在控制器型号为 Series C 的版本中。

在 RSLogix500 软件中，新建一个项目，在 Data Files 中新建一个 PLS 文件 9，元素设定为 4。元素的含义是指 PLS 文件执行的步数。如需更改步数，只要在 PLS 文件的属性中修改元素值即可。

（1）建立数据文件

数据文件的建立如图 7-3 所示。

（2）配置 PLS 文件

双击“Data Files”（数据文件）下的 PLS9。对于本示例，如图 7-4 所示输入 HIP 的值。

PLS 数据文件定义见表 7-10。

输入 HIP 和 OHD 的上述值后，PLS 配置完成。

（3）配置 HSC 以便与 PLS 一起使用

1）在控制器下，双击“Function Files”（功能文件）。

2）配置 HSC：0. MOD 以便使用 PLS9，并将 HSC 配置在模式 0 中的工作方式。MOD 的值必须以十六进制输入。例如，PLS9 = 9 和 HSC 模式 = 0，则 MOD = 0900H。HSC 的其他参数设置如图 7-5 所示。

3）“IO Configuration” 中参数的设定见 7. 1. 5 节。

配置好后，建立一个子程序 3，在主程序中不需要 HSL 指令去调用高速计数器。

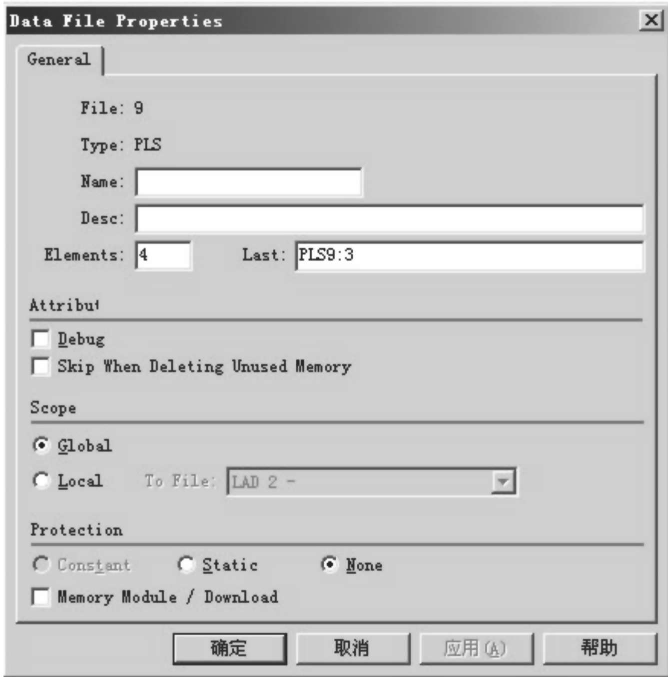


图 7-3　PLS 数据文件的建立

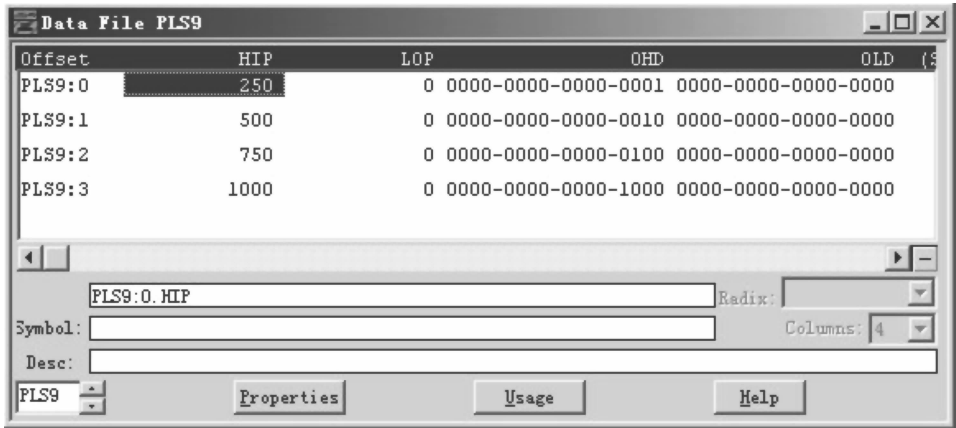


图 7-4　配置 PLS 文件

表 7-10　PLS 数据文件定义表

数据	说　明	数据格式
HIP	高预置	32 位带符号整数
LOP	低预置	
OHD	高输出数据	16 位二进制数据
OLD	低输出数据	

在梯形图逻辑首次运行时，HSC. ACC 为 0，因此通过 HSC. OMB 屏蔽码（定义为 1111H）发送 PLS9：0. OLD 的数据并将所有输出设置为“关闭”。在 HSC. ACC 等于 250 时，

通过 HSC. OMB 屏蔽码发送 PLS9：0. OHD 并激活输出（O：0. 0/0），HSC：0. ACC 清 0 并开始重新计数；在 HSC. ACC 达到 500 时，O：0. 0/0 被复位，O：0. 0/1 被激活，HSC：0. ACC 被清 0 并开始重新计数；在 HSC. ACC 达到 750 时，O：0. 0/1 被复位，O：0. 0/2 被激活，HSC：0. ACC 被清 0 并开始重新计数；在 HSC. ACC 达到 1000 时，O：0. 0/2 被复位，HSC：0. ACC 被清 0 并开始重新计数，循环复位并重复。

HSC | PTO | PWM | STI | EII | RTC | DAT | TPI | MMI | BHI | CSO | CS

Address	Value	Description
⊟ HSC:0	{...}	
PFN - Program File Number	3	
ER - Error Code	0	
UIX - User Interrupt Executing	0	
UIE - User Interrupt Enable	1	
UIL - User Interrupt Lost	0	
UIP - User Interrupt Pending	0	
FE - Function Enabled	1	
AS - Auto Start	1	
ED - Error Detected	0	
CE - Counting Enabled	1	
SP - Set Parameters	0	
LPM - Low Preset Mask	1	
HPM - High Preset Mask	1	
UFM - Underflow Mask	1	
OFM - Overflow Mask	1	
LPI - Low Preset Interrupt	0	
HPI - High Preset Interrupt	0	
UFI - Underflow Interrupt	0	
OFI - Overflow Interrupt	1	
LPR - Low Preset Reached	0	
HPR - High Preset Reached	0	
DIR - Count Direction	1	
UF - Underflow	0	
OF - Overflow	1	
MD - Mode Done	1	
CD - Count Down	0	
CU - Count Up	1	
MOD - PLS file (bits 15-8) HSC Mode ((	900 (h)	
ACC - Accumulator	798	
HIP - High Preset	2147483647	
LOP - Low Preset	-2147483648	
OVF - Overflow	2147483647	
UNF - Underflow	-2147483648	
OMB - Output Mask Bits	1111	
HPO - High Preset Output	0	
LPO - Low Preset Output	0	
⊞ HSC:1	{...}	

图 7-5　PLS 功能在 HSC 中的设定

7.1.5　高速计数器应用实例

1. 计数值大于高设定值报警

实验采用欧姆龙 E6A2-CW5C 光电码盘，集电极输出，MicroLogix1500 控制器的 COM0 口接“DC +24V”端口，信号 A 接到“I/O”端口。在“IO Configuration”中，将输入滤波时间调整为最小，否则高速脉冲丢失严重。具体设置图如图 7-6 所示。

高速计数器功能文件 HSC0 中的参数设定如下：

设置参数程序文件号 PFN =3；自动启动位 AS =1；计数允许位 CE =1；高设定值中断屏蔽位 HPM =1；HIP =5000；工作模式 MOD =0。如果在功能文件中没有将 AS 置 1，则可

通过逻辑程序使允许中断位 UIE 和中断功能选通位 FE 置 1。参数设定详见图 7-7。

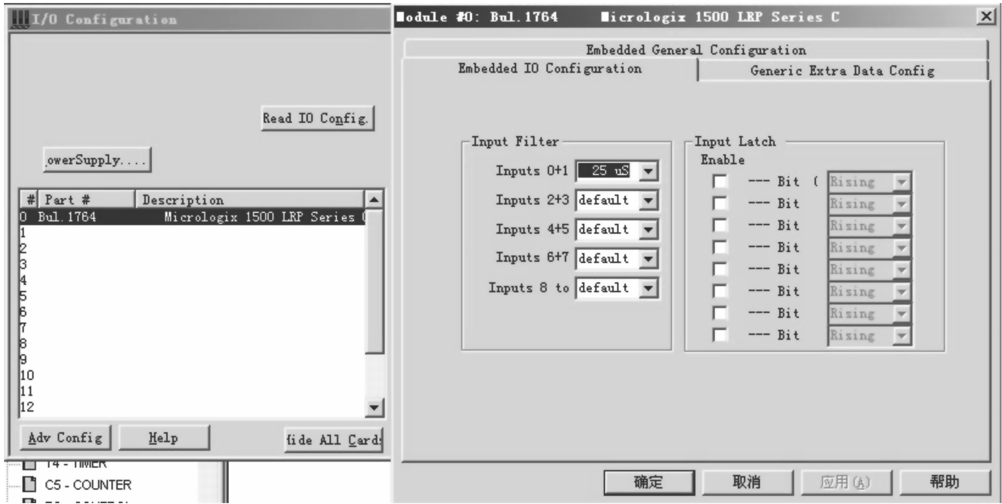


图 7-6 IO Configuration 中参数的设定

HSC | PTO | PWM | STI | EII | RTC | DAT | TPI

Address	Value
HSC:0	{...}
PFN - Program File Number	3
ER - Error Code	0
UIX - User Interrupt Executing	0
UIE - User Interrupt Enable	1
UIL - User Interrupt Lost	0
UIP - User Interrupt Pending	0
FE - Function Enabled	1
AS - Auto Start	1
ED - Error Detected	0
CE - Counting Enabled	1
SP - Set Parameters	0
LPM - Low Preset Mask	1
HPM - High Preset Mask	1
UFM - Underflow Mask	1
OFM - Overflow Mask	1
LPI - Low Preset Interrupt	0
HPI - High Preset Interrupt	0
UFI - Underflow Interrupt	0
OFI - Overflow Interrupt	0
LPR - Low Preset Reached	0
HPR - High Preset Reached	0
DIR - Count Direction	0
UF - Underflow	0
OF - Overflow	0
MD - Mode Done	0
CD - Count Down	0
CU - Count Up	1
MOD - PLS file (bits 15-8) HSC Mode (1	0 (h)
ACC - Accumulator	640
HIP - High Preset	5000
LOP - Low Preset	0
OVF - Overflow	2147483647
UNF - Underflow	-2147483648
OMB - Output Mask Bits	0
HPO - High Preset Output	0
LPO - Low Preset Output	0
HSC:1	{...}

图 7-7 高速计数器功能文件 HSC0 中的参数设定

主程序如图 7-8 所示。

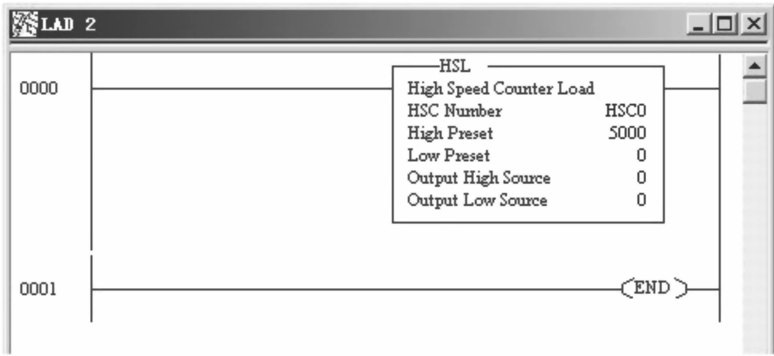


图 7-8　高速计数器应用 1 主程序

子程序如图 7-9 所示。

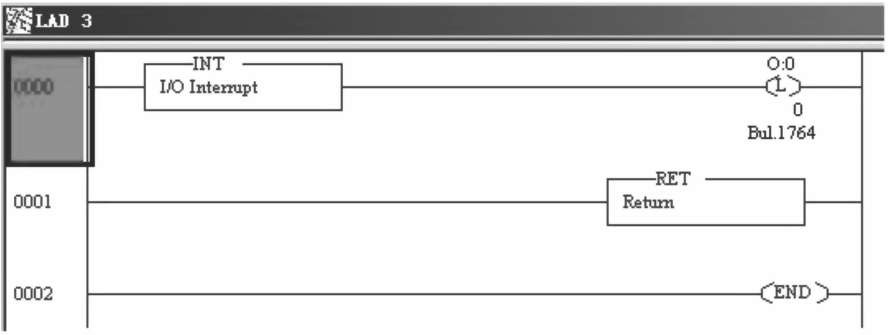


图 7-9　高速计数器应用 1 子程序

通过监测变量 HSC：0. ACC 可以得到实时脉冲输入值。本例中，由于是工作在模式 0，所以在达到上限时，上溢出状态位 HSC：0/OF 被置 1，HSC：0. ACC 被自动清 0，并由 0 开始重新计数，达到高设定值位 HSC：0/HPR 没有被置位。

2. 电动机运行方向的判定

利用 HSC：0/DIR 信号，可以方便地实现对电动机转动方向的判定。

实验环境：欧姆龙 E6A2-CW5C 光电码盘，MicroLogix1500 控制器的 COM0 口接“DC + 24V”端口，信号 A 接到“I/O”端口，信号 B 接到 I/1 端口，工作模式 MOD = 6。“IO Configuration”中的设定及功能文件中其他参数的设定按照上例中进行。

HSC0 功能文件参数详细设定如图 7-10 所示。

主程序如图 7-11 所示。

HSC | PTO | PWM | STI | EII | RTC | DAT | TPI | MMI | BHI | CS0 | CS1

Address	Value	Description
⊟ HSC:0	{...}	
PFN - Program File Number	3	
ER - Error Code	0	
UIX - User Interrupt Executing	0	
UIE - User Interrupt Enable	1	
UIL - User Interrupt Lost	0	
UIP - User Interrupt Pending	0	
FE - Function Enabled	1	
AS - Auto Start	1	
ED - Error Detected	0	
CE - Counting Enabled	1	
SP - Set Parameters	0	
LPM - Low Preset Mask	1	
HPM - High Preset Mask	1	
UFM - Underflow Mask	1	
OFM - Overflow Mask	1	
LPI - Low Preset Interrupt	0	
HPI - High Preset Interrupt	1	
UFI - Underflow Interrupt	0	
OFI - Overflow Interrupt	0	
LPR - Low Preset Reached	0	
HPR - High Preset Reached	1	
DIR - Count Direction	1	
UF - Underflow	0	
OF - Overflow	1	
MD - Mode Done	1	
CD - Count Down	1	
CU - Count Up	1	
MOD - PLS file (bits 15-8) HSC Mode (	6 (h)	
ACC - Accumulator	2636	
HIP - High Preset	1000	
LOP - Low Preset	0	
OVF - Overflow	2147483647	
UNF - Underflow	-2147483648	
OMB - Output Mask Bits	0	
HPO - High Preset Output	0	
LPO - Low Preset Output	0	
⊞ HSC:1	{...}	

图 7-10　应用 2 中高速计数器功能文件参数设定

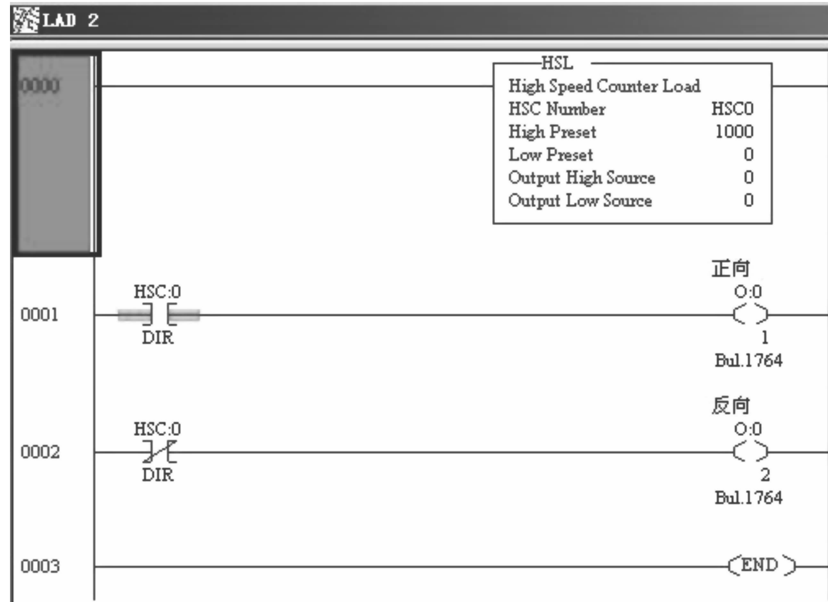


图 7-11　高速计数器应用 2 主程序

7.2 脉冲串输出（PTO）

高速脉冲输出包括脉冲串输出（Pulse Train Output，PTO）和脉宽调制（Pulse Width Modulation，PWM）。MicroLogix1500 系统中，只有基本单元为 1764-28BXB 的控制器支持该功能，AWA 和 BWA 型号的控制器无此功能。高速脉冲输出通道被定义为 O/2 和 O/3（FET 输出），扩展输出模块不能被定义为 PTO 功能。

PTO 功能允许从控制器直接控制运动曲线或脉冲分布曲线。脉冲分布曲线有三个主要部分：脉冲总数、加速/减速时间和匀速运动时间。

PTO 指令和 HSC、PWM 一样，与绝大多数控制器指令是不同的。它们的运行是由用户电路完成的，而用户电路与控制器主系统处理器是并行工作的。

在此执行过程中，用户需要定义所产生的脉冲总数（对应于位移大小）、加速时间、减速时间。脉冲总数减去加速脉冲数和减速脉冲数，就是匀速运动的脉冲数。MicroLogix1200/1500 控制器的 PTO 功能中，加速时间与减速时间一般情况下是相同的。如有特殊需要，可以通过参数 ADI 和 ADP 设定为不同值，此时控制器要求必须是 MicroLogix1500 LRP/LSP Series C FRN 9 或 MicroLogix1200 Series C FRN 8 或更高的版本。脉冲分布曲线可以被定义为梯形曲线或 S 形曲线。

通过扫描在主程序文件中的 PTO 指令，或扫描在任何子程序文件中的 PTO 指令，可以与 PTO 子系统接口。

1. PTO 的典型工作顺序

PTO 的典型工作顺序如下：

1）PTO 指令所在的梯级逻辑转为真。

2）PTO 指令启动，按照 ADP（加/减速脉冲的数量）和 RP（脉冲分布曲线）的设定值产生脉冲数开始加速。

3）加速阶段完成。

4）进入匀速运动阶段。

5）匀速运动阶段完成。

6）进入减速阶段，按照 ADP（加/减速脉冲的数量）和 RP（脉冲分布曲线）的设定值产生脉冲数开始减速。

7）减速阶段完成。

8）PTO 指令执行完毕。

当 PTO 指令正在执行时，随着主控制器的连续工作，相应信息和状态位被不断刷新。由于 PTO 指令与处理器系统是并行工作的，因此，处理器每扫描 PTO 指令一次，其状态位和其他信息才被刷新一次。

刷新的最大延时时间就是控制器的最大扫描时间。将 PTO 指令放在 STI（可选定时中断）文件中可以使刷新延时时间最小化，或者在控制程序内适当增加 PTO 指令，也可增加扫描频率，减小刷新延时时间。

2. PTO 功能文件子元素

PTO 功能文件位于 Function Files 文件夹中。

（1）PTO 输出（OUT）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
OUT	PTO：0. OUT	字（整数型）	2 或 3	控制	只读

PTO：0. OUT 变量定义了 PTO 指令所控制的输出点号（O：0/2 或 O：0/3）。

（2）PTO 完成（DN）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
DN	PTO：0/DN	位	0 或 1	状态	只读

PTO 成功执行完成，该位被置 1。PTO 所在的梯形图逻辑为假时，该位被清 0。

（3）PTO 减速状态（DS）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
DS	PTO：0/DS	位	0 或 1	状态	只读

只要 PTO 指令处于输出脉冲分布曲线的减速段，该位就置 1；当 PTO 指令没有处于输出脉冲分布曲线的减速段，该位就清 0。

（4）PTO 匀速运行状态（RS）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
RS	PTO：0/RS	位	0 或 1	状态	只读

与 DS 含义相同。

（5）PTO 加速状态（AS）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
AS	PTO：0/AS	位	0 或 1	状态	只读

与 DS 含义相同

（6）PTO 斜坡曲线（RP）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
RP	PTO：0/RP	位	0 或 1	控制	读/写

该位是用来控制 PTO 输出脉冲如何加速到“设定输出频率”或如何从“设定输出频率”减速。RP 位被置 1，PTO 指令将输出“S 形曲线”脉冲分布曲线；被清 0，PTO 指令将输出“梯形曲线”脉冲分布曲线。

（7）PTO 停止控制（CS）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
CS	PTO：0/CS	位	0 或 1	控制	读/写

该位被置 1，PTO 提前转入执行减速状态。

（8）PTO 空闲状态（IS）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
IS	PTO：0/IS	位	0 或 1	状态	只读

要想启动 PTO，PTO 子系统就必须处于空闲状态。该位为 1 时，PTO 子系统处于空闲状态。所谓“空闲状态”，就是 PTO 既没有运行，也没有故障。该位为 0 时，子系统处于非空闲状态，即处于运行状态。

（9）PTO 故障检测状态（ED）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
ED	PTO：0/ED	位	0 或 1	状态	只读

该位为 1 时，PTO 指令处于故障状态；该位为 0 时，PTO 子系统没有处于故障状态。如果检测到故障，此故障会被故障代码寄存器（PTO：0. ER）识别和记录。

（10）PTO 正常工作状态（NS）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
NS	PTO：0/NS	位	0 或 1	状态	只读

该位为 1 时，表示 PTO 处于正常工作状态；该位为 0 时，表示处于非正常工作状态。

（11）PTO 脉冲点动状态（JPS）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
JPS	PTO：0/JPS	位	0 或 1	状态	只读

该位为 1 时，表示 PTO 处于输出一个点动脉冲时；该位为 0 时，表示 PTO 指令退出点动脉冲输出状态。

（12）PTO 连续点动状态（JCS）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
JCS	PTO：0/JCS	位	0 或 1	状态	只读

该位为 1 时，表示 PTO 处于输出连续点动脉冲时；该位为 0 时，表示 PTO 指令退出连续点动脉冲输出状态。

（13）PTO 加/减速脉冲单独设定（ADI）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
ADI	PTO：0/ADI	位	0 或 1	控制	读/写

该参数用于设定加速/减速脉冲数是否相同。该位为 1 时，不同；该位为 0 时，相同。

该功能仅适用于 MicroLogix1500 LRP/LSP Series C FRN 9 或 MicroLogix1200 Series C FRN 8 或者更高版本的控制器。FRN 可以在系统状态文件中查找到（S：62，在线状态下可查看）。

如果需要设定加/减速脉冲为不同数值，那么要在数据文件中需建立一个 4 元素的长整数文件。其中，第一个元素为加速脉冲数，第二个元素为减速脉冲数，第三、四个元素保留。设置好后，将该数据文件号填写在参数 ADP 中。

（14）PTO 脉冲点动（JP）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
JP	PTO：0/JP	位	0 或 1	控制	读/写

该位用来控制 PTO 子系统只产生一个单脉冲。脉冲宽度由 JF（点动频率）决定。只有在 PTO 子系统空闲、“连续点动”位为 0、“选通”位为 0 三个条件都满足的情况下，脉冲点动才起作用。JP 置 1 时，指示 PTO 子系统产生一个单脉冲；清 0 时，PTO 脉冲点动子系统等待点动信号。

（15）PTO 连续点动（JC）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
JC	PTO：0/JC	位	0 或 1	控制	读/写

该位用来控制 PTO 子系统产生连续的脉冲。脉冲宽度由 JF（点动频率）决定。只有在 PTO 子系统空闲、“脉冲点动”位为 0、“选通”位为 0 三个条件都满足的情况下，连续点动才起作用。JC 置 1 时，指示 PTO 子系统产生连续点动脉冲；清 0 时，PTO 子系统不产生点动脉冲。

（16）PTO 允许急停（EH）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
EH	PTO：0/EH	位	0 或 1	控制	读/写

该位是用来紧急停止 PTO 子系统。一旦 PTO 子系统开始脉冲输出，唯一可以立即停止 PTO 产生脉冲的方法就是使 EH 位被置 1。EH 位被置 1，则 PTO 子系统会停止工作（如空闲、正常、连续点动、脉冲点动等），并产生一个 PTO 子系统故障。

（17）PTO 选通状态（EN）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
EN	PTO：0/EN	位	0 或 1	状态	只读

该位是由 PTO 子系统控制。当 PTO 指令前面的梯级状态从 0 变到 1 时，则 PTO 指令被选通，并使 EN 位为 1。在脉冲串输出完成之前，如果 PTO 指令前面的梯级状态从 1 变到 0，则 EN 位复位（清 0）。

（18）PTO 故障代码（ER）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
ER	PTO：0. ER	字（整数型）	-3 ~ 7	状态	只读

故障代码含义见附录 C。

（19）PTO 设定输出频率（OF）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
OF	PTO：0. OF	字（整数型）	0 ~ 20 000	控制	读/写

该变量制定 PTO 在匀速运行阶段的输出脉冲频率。

（20）实际输出频率（OFS）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
OFS	PTO：0. OFS	字（整数型）	0～20 000	状态	只读

OFS（实际输出频率）中显示的数据可能与OF（设定输出频率）有误差。因为PTO子系统有时可能难以产生很高频率的精确值。但通常这不会引起什么问题，毕竟PTO所产生的脉冲总数还是很精确的。

（21）PTO点动频率（JF）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
JF	PTO：0. JF	字（整数型）	0～20 000	控制	读/写

该变量指定了PTO在点动阶段的输出脉冲频率。此变量值通常由所驱动的设备、机械结构、移动部件等决定。如果此变量值小于0或大于20 000，则会产生PTO故障。

（22）PTO设定输出脉冲总数（TOP）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
TOP	PTO：0. TOP	长字（32位整数型）	0～2 147 483 647	控制	读/写

该参数是用户设定的需要PTO产生的输出脉冲总数（包括加速、减速阶段的脉冲数）。

（23）PTO实际输出脉冲总数（OPP）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
OPP	PTO：0. OPP	长字（32位整数型）	0～2 147 483 647	状态	只读

该参数是指PTO实际产生的输出脉冲总数。它可用于控制程序中，以监视PTO所产生的实际输出脉冲总数。

（24）PTO加速/减速脉冲数或文件号ADP（当ADI=1时）

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
ADP	PTO：0. ADP	长字（32位整数型）	见下方说明	控制	读/写

该变量定义了从0到PTO输出频率OF所需的加速脉冲的数量（加速脉冲和减速脉冲相等时），它与TOP（设定输出脉冲总数）的关系如下，假设：TOP（设定输出脉冲总数）=12 000，ADP（加速/减速脉冲数）=3 000，则RUN（匀速运动）脉冲数=TOP－2×ADP=6 000，斜坡阶段的运动时间（加速时间和减速时间）=2×ADP/OF（秒）

下面的公式可用来计算两种脉冲分布曲线的最大频率的极限值（取整数）。实际输出最大频率总是小于该极限值。

1）对于梯形分布曲线：最大频率的极限值=[OF×OF/4]+0.5

2）对于S-曲线型分布曲线：最大频率的极限值=0.999×OF×SQRT(OF/6)

ADP变量值必须小于TOP的一半，否则会产生故障。

3. 脉冲串输出指令

脉冲串输出指令如图7-12所示。

PTO指令属于输出指令，参数PTO Number中若输入0，代表PTO0；若输入1，代表PTO1。

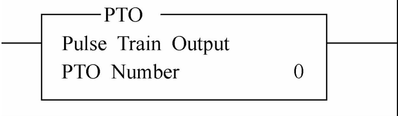


图7-12 脉冲串输出指令

要启动 PTO 指令，必须符合以下条件：

（1）PTO 指令处于空闲状态

对于空闲状态，以下条件都必须符合：

1）脉冲点动（JP）位必须为 0。

2）连续点动（JC）位必须为 0。

3）允许急停（EH）位必须为 0。

4）正常工作状态（NS）位必须为 0。

5）输出没有被强置。

（2）PTO 所在的梯级逻辑有一个从 0 到 1 的转换

PTO 的启动信号可以是瞬间型输入信号，也可以是保持型输入信号。

当启动信号为瞬间输入信号时，PTO 检测到上升沿后将被启动。当 PTO 指令执行完成后，“完成（DN）位”置 1。但是，置 1 的 DN 位状态会在下次扫描 PTO 指令时被清 0。

当启动信号为保持型输入信号时，梯级状态从 0 到 1 的上升沿将启动 PTO。当 PTO 指令执行完成后，“完成（DN）位”置 1，并一直保持到 PTO 的梯级状态变成 0 时才被清 0。下次梯级状态从 0 到 1 的上升沿又会再次启动 PTO。因此，为了使 PTO 能正常工作，应检测“完成位（DN）”、“空闲位（ID）”、“正常工作状态位（NS）”的状态。

7.3 脉宽调制（PWM）

PWM 功能可以通过 PWM 波形来控制现场设备的速度。只有基本单元为 BXB 的控制器支持该功能，AWA 和 BWA 型号的控制器无此功能。高速输出通道被定义为 O/2 和 O/3。

PWM 具有两个主要部分：输出频率和占空比。

PWM 指令和 HSC、PTO 一样，与绝大多数控制器指令是不同的。它们的运行是由用户电路完成的，而用户电路与控制器主系统处理器是并行工作的。因为某些高速性能的应用场合需要这样的特性。

通过扫描在主程序文件（文件号 2）中的 PWM 指令，或扫描在任何子程序文件中的 PWM 指令，可以与 PWM 子系统接口。PWM 的典型工作顺序如下：

1）PWM 指令所在的梯级逻辑转为真（PWM 指令被启动）。

2）产生指定频率的波形。

3）进入 RUN（匀速运动）阶段，输出所设定的输出频率和占空比的波形。

4）PWM 指令所在的梯级逻辑转为假。

5）PWM 指令回到空闲状态。

PWM 指令与处理器系统是并行工作的，因此，处理器每扫描 PWM 指令一次，其状态位和其他信息才被刷新一次。这样，用户控制程序可以在 PWM 输出时读出其状态。由于 PWM 状态只有在控制器扫描时才被刷新，因此刷新的最大延时时间就是控制器的最大扫描时间。将 PWM 指令放在 STI（可选定时中断）文件中可以使刷新延时时间最小化，或者在控制程序内适当增加 PWM 指令，也可增加扫描频率，减小刷新延时时间。

1. PWM 功能文件

PWM 功能文件见表 7-11。

表 7-11 PWM 功能文件

子元素名称	地址	说明
OUT(输出)	PWM：0.OUT	与 PTO 类同
DS(减速状态)	PWM：0/DS	
RS(匀速状态)	PWM：0/RS	
AS(加速状态)	PWM：0/AS	
PP(曲线参数选择)	PWM：0/PP	斜坡类型选择："1"选择频率；"0"选择占空比
IS(空闲状态)	PWM：0/IS	与 PTO 类同
ED(错误检测)	PWM：0/ED	
NS(正常工作)	PWM：0/NS	
EH(允许急停)	PWM：0/EH	
ES(选通状态)	PWM：0/ES	与 PTO 的 EN 类同
ER(故障代码)	PWM：0.ER	与 PTO 类同。详细故障代码见附录 D
OF(设定输出频率)	PWM：0.OF	与 PTO 类同
OFS(实际输出频率)	PWM：0.OFS	
DC(设定输出占空比)	PWM：0.DC	数据范围：1～1 000。DC＝1 000：100%接通(输出恒定不变，没有波形)；DC＝500：50%接通，50%断开；DC＝0：输出断开
DCS(实际输出占空比)	PWM：0.DCS	整数型字，数据范围为1～1 000，为 PWM 子系统的占空比的反馈值
ADD(加减速延迟时间)	PWM：0.ADD	整数型字，数据范围为0～32 767，以10ms 为单位指定加/减速时间间隔

注：表中是以 PWM0 为例。如果使用 PWM1，则地址做相应的替代即可。

2. PWM 指令

PWM 指令如图 7-13 所示。

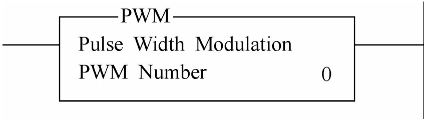


图 7-13 PWM 指令

PWM 是一个输出指令。PWM Number＝1，指 PWM1；PWM Number＝0，指 PWM0。

7.4 其他功能文件

7.4.1 实时时钟（RTC）

通过实时时钟（Real Time Clock，RTC）功能文件，RTC 模块可以给控制器提供“年、月、日、星期、时、分、秒”等时间信息。用于 MicroLogix1500 系统的 RTC 模块型号为 1764-RTC。

在控制器上电或检测到插入了实时时钟模块时，控制器会判断实时时钟是否存在。如果存在，则把它的值写入控制器的 RTC 功能文件内。

实时时钟可以在任何时候插入或拔出，而不会损坏该 RTC。如果当 MicroLogix1500 控制

器正在运行程序时插入 RTC 模块，只有在控制器重新上电或控制器被置于非运行模式（编程模式或故障状态）时，该模块才会被控制器检测到。

如果拔出 RTC 模块，则可以在一个程序扫描时间内被检测到。带电拔出 RTC 模块，处理器会在 RTC 功能文件内写入 0。

RTC 功能文件子元素的含义见表 7-12。

表 7-12 RTC 功能文件子元素

子元素名称	地址	数据格式	数值范围	文件类型	用户程序存取方式
YR-年	RTC：0. YR	字	1 998 ~ 2 097	状态	只读
MON-月	RTC：0. MON	字	1 ~ 12	状态	只读
DAY-日	RTC：0. DAY	字	1 ~ 31	状态	只读
HR-小时	RTC：0. HR	字	0 ~ 23	状态	只读
MIN-分	RTC：0. MIN	字	0 ~ 59	状态	只读
SEC-秒	RTC：0. SEC	字	0 ~ 59	状态	只读
DOW-星期	RTC：0. DOW	字	0 ~ 6	状态	只读
DS-没有选通	RTC：0/DS	位	0 ~ 1	状态	只读
BL-电池电压低	RTC：0/BL	位	0 ~ 1	状态	只读

RTC：0/DS 是状态位，不可以通过程序修改。

在 RSLogix500 编程软件中，可以单击 RTC 功能文件中的“Set Data & Time”按钮，将控制器的时钟时间与计算机系统时间设置为相同。单击“Disable Clock”禁止使用该功能，以节省 RTC 的电池消耗。

实时时钟内部电池不能更换。在 RTC 功能文件中“电压低”指示位（RTC：0/BL），可知道 RTC 的电池电压状况。如果电压太低，则“电压指示位”置 1。这意味着再过 14 天，此电池将失效。如果“电压指示位”为 0，则表示电池电压仍可接受，或者是没有安装 RTC 模块。

可以使用 MSG 指令从一个控制器向另一个控制器写入 RTC 数据，以使两个控制器中的时钟同步。为了达到这个功能，需使用 RTC：0 作为源和目的地址。该功能在 A 系列的控制器中不能使用。

7.4.2 数据存取仪（DAT）

MicroLogix1500 系统中，数据存取仪（Data Access Terminal，DAT）是一个很方便、简单的工具，可用于数据编辑和监视，DAT 具有以下 5 个主要特性：

1）直接存取 48 个“位元素”。

2）直接存取 48 个“整数元素”。

3）两个功能键。

4）控制器故障的显示。

5）DAT 可带电拔出/插入。

DAT 正面图如图 7-14 所示。

DAT 具有一个数字显示屏、6 个键、一对“加/减”键以及一些指示灯，它们的功能见表 7-13。

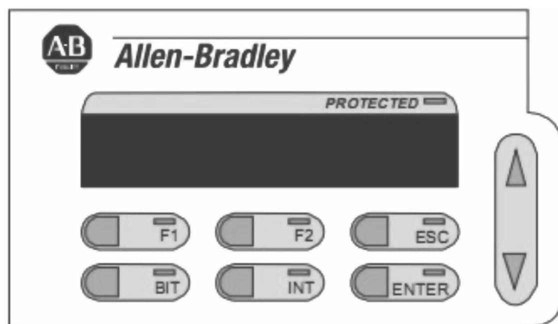


图 7-14 DAT 正面图

表 7-13　DAT 面板功能键

特性	功　　能
数字显示屏	显示元素地址、数据、故障等
加/减键	可滚动选择元素号，改变数据值。如果按住加/减键不放开，则可连续改变元素号或数据值
F1 键及指示灯	控制 F1 功能键的状态位。按下 F1 键，其指示灯变亮
F2 键及指示灯	控制 F2 功能键的状态位。按下 F2 键，其指示灯变亮
ESC 键	取消正进行的一次编辑
BIT（位）键及指示灯	按下 BIT 键，使 DAT 处于“位监视”状态，同时“位监视”指示灯变亮。DAT 上电后自动进入该模式
INT（整数）键及指示灯	按下 INT 键，使 DAT 处于“整数监视”状态，同时“整数监视”指示灯变亮
ENTER（输入）键	按下此键，表示确认所选择的元素号或数据（确认前为闪动状态）
PROTECTED（保护）键	按下此键，指示灯亮，表示此数据被保护，不能用 DAT 改变此数据

1. DAT 功能文件

（1）目标整数文件（TIF）

DAT 可以对控制器内任何有效的整数文件进行读写操作。TIF 的位置表示 DAT 读写的整数文件号，其有效的整数文件为 N3～N255。当 DAT 读出有效整数文件号后，它就可以在显示屏幕上读写从这个文件开始的 48 个整数元素（第 0～47 字）。紧接着的 48 个“位”（第 48～50 字），则用来规定上述 48 个整数元素（第 0～47 字）是否允许读写操作。如 N50 整数文件的 0 号元素，其地址为 N50：0，保护位为 N50：48/0；如 N50 整数文件的 47 号元素，其地址为 N50：47，保护位为 N50：50/15。当保护位为 1 时，该数据具有只读属性；保护位为 0 或不存在时，该数据具有读/写属性，通过 DAT 键盘可编辑。

DAT 总是从数据文件的第 0 字开始，不能从其他字开始。

（2）目标位文件（TBF）

DAT 可以对控制器内任何有效的位文件进行读写操作。TBF 的位置表示 DAT 读写的位文件号，其有效的位文件为 B3～B255。当 DAT 读出有效位文件号后，它就可以在显示屏幕上读写这个文件前 48 位（第 0～47 位）。紧接着的 48 个位（第 48～95 位）则用来规定前 48 位（第 0～47 位）是否允许读/写操作。如 B51 位文件的 0 号元素，其地址为 B51/0，保护位为 B51/48；如 B51 位文件的 47 号元素，其地址为 B51/47，保护位为 B51/95。当保护位为 1 时，该数据具有只读属性；保护位为 0 或不存在时，该数据具有读/写属性，可通过 DAT 键盘编辑。

虽然 DAT 不允许从键盘改变被保护的数据，但是，控制程序或其他通信设备却可以存取（读/写）这些数据。保护位并不能对目标位文件提供所有的防覆盖（改写）保护。

由 TBF 位置指定的文件就是唯一确定的位文件。TBF 的位置只能通过下载程序来改变。

（3）超时节能（PST）参数

如果没有操作 DAT 键盘的时间超过用户定义的时间，超时节能功能会自动关闭 DAT 显示屏。超时节能时间（DAT：0. PST）值由 DAT 功能文件定义，其有效范围是 0～255min。

如果其值为 0，则没有超时节能功能，显示屏会一直亮着。PST 的预置值为 0。

在超时节能工作模式，有一个“——”（破折号）在显示屏的左边不停闪烁。按下任何键（F1、F2 除外），则显示屏回到原先的工作模式。如果 F1 或 F2 被按下，DAT 虽然会改变 F1 或 F2 状态位的值，但显示屏仍然保持在节能模式。

2. DAT 的显示格式

DAT 的显示格式如图 7-15 所示。

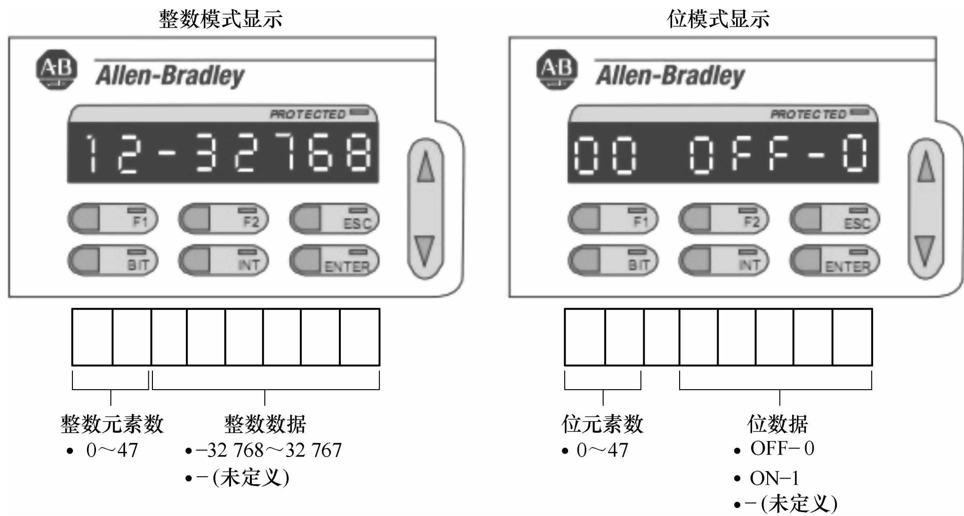


图 7-15　DAT 的显示格式

如果屏幕上的元素已定义且没有被保护，则元素号闪动，表示可改变。

如果屏幕上的元素被保护，则 PROTECTED（保护）指示灯变亮，且元素号不闪动，表示不能改变。

如果屏幕上的元素没有定义，则在数据显示区显示“---”，而且元素号不闪动，因为它不能被修改。

3. F1、F2 键功能

F1 或 F2 键功能与 DAT 功能文件中的相应“位”有关，可以用于控制程序中，它们对位监视或整数监视没有影响。

每个 F1、F2 键都在 DAT 功能文件中有两个相应的“位”，具体见表 7-14。

表 7-14　DAT 文件中 F1、F2 功能表

键位		地址	数据格式	文件类型	用户程序存取方式
F1	压下式	DAT：0/F1P	二进制	状态	读/写
	脉冲锁定式	DAT：0/F1L	二进制	状态	读/写
F2	压下式	DAT：0/F2P	二进制	状态	读/写
	脉冲锁定式	DAT：0/F2L	二进制	状态	读/写

压下式 F1 或 F2 键提供 F1 或 F2 的当前状态。当键被压下时，DAT 将相应的“压下位”置 1；当键被松开，则 DAT 对压下位清 0。

脉冲锁定式 F1 或 F2 键可作为脉冲按钮使用，提供 F1 或 F2 的脉冲信号。当键被压下时，则 DAT 将相应的“脉冲锁定位”置 1；当键被压下的时间超过 1s，则 DAT 对相应的“脉冲锁定位”清 0。

4. 工作屏幕状态

由于 DAT 是一个通信装置，其性能会受控制器扫描时间的影响。如果扫描时间较长，DAT 仍在等待控制器的通信信息时，就会显示“工作屏幕状态”，这时，屏幕上的“---”从左向右移动，在此期间，按任何 DAT 键都没有反应。一旦 DAT 收到数据，则回到原来的普通工作模式。

5. 控制器故障

DAT 每隔 10s 检查一次控制器，如果发现控制器有故障，则在 DAT 的元素显示区显示“－FL－”，并在数据显示区显示控制器主要故障字（S2：6）。

按下 ESC 键，DAT 会回到原先的工作模式，故障并没有被消除，只是没有在屏幕上显示出来，此故障不会再在屏幕上显示，也不能被再次调出来。如果检测到一个新的故障，则会显示此新故障。如果上次已经清除了某故障，现在再次发生此故障，DAT 则会再次显示该故障。

6. DAT 故障

如果 DAT 检测到自身有故障，则在显示屏左侧显示“－Err－”，在右侧显示两位数字的故障代码。

DAT 可以检测到两类故障：内部 DAT 故障和通信故障。

内部 DAT 故障是不可恢复的故障。若 DAT 发生此故障，则 DAT 对任何键盘都没有反应。这时，应该拔出 DAT，再将它重新插入控制器内。如果这样仍然不能清除此故障，则必须更换 DAT。

如果 DAT 发现通信故障，DAT 屏幕就会显示通信故障。在此状态下，DAT 只对加/减键、BIT 键、INT 键和 ESC 键有响应，按下其中的任何一个键，都会清除“通信故障”。对任何元素的修改都不被接受。

DAT 连续地监视 DAT 与控制器之间的接口，确保通信线路正常。如果 DAT 与控制器失去通信的时间超过 3s，DAT 就发出“接口超时故障”。DAT 会不停地试图恢复通信，在恢复通信之前，DAT 会一直显示故障屏幕。在故障清除之前，按压任何键都没有响应。

DAT 故障代码含义详见附录 E。

7.4.3 微调电位器（TPI）

MicroLogix1200/1500 控制器具有两个微调电位器（Trim Pot Information，TPI），地址分别为 TPI：0. POT0 和 TPI：0. POT1。调节微调电位器，可以改变相应的“微调电位器信息（TPI）”寄存器内的数值。根据实际需要，这些数值可以用作计时器、计数器或模拟量预置值。

如果控制器检测到微调电位器有故障，则会记录最后所读数据的位置，并在地址 TPI：0. ER 中给出故障代码。故障代码为 0 表示微调电位器数据有效；1 表示微调电位器子系统可检测到，但数据无效；2 表示微调电位器子系统不能启动；3 表示微调电位器子系统故障。

使用平头螺钉旋具可调节微调电位器，调节范围是 0～3/4 圈，对应数值为 0～250，时

间和温度对调节精度的影响通常小于 ±2 个读数。

由于微调电位器的数值会受到环境的影响，因此建议不要将该值直接作为某些数据的预置值，而是采用对该数据右移，取其高位字节作为某些数据的预置值的方法，这样可消除环境因素的影响。

实现该方法时，程序设计思路为：控制器运行在远程运行模式下（Remote Run Mode）操作（将运行模式开关从 RUN 拨到 REM，用户应用模式 S：1/0 ~ S：1/4 状态如下：S：1/0 = 0；S：1/1 = 1；S：1/2 = 1；S：1/3 = 0；S：1/4 = 0）。将 TPI 的数据右移 3 位，并将右移后的数据发送到 O：0.0 端口上，以方便调试工作。硬件设计上，将输出的公共端断开，使用控制器自带的 LED 灯指示 O：0.0 上各点的状态。

在调整完成后，将运行模式开关从 REM 拨到 RUN，此时控制器运行在运行模式下（Run Mode），用户应用模式 S：1/0 ~ S：1/4 状态如下：S：1/0 = 0；S：1/1 = 1；S：1/2 = 1；S：1/3 = 1；S：1/4 = 1，正常执行控制程序。

示例程序代码如图 7-16 ~ 图 7-18 所示。

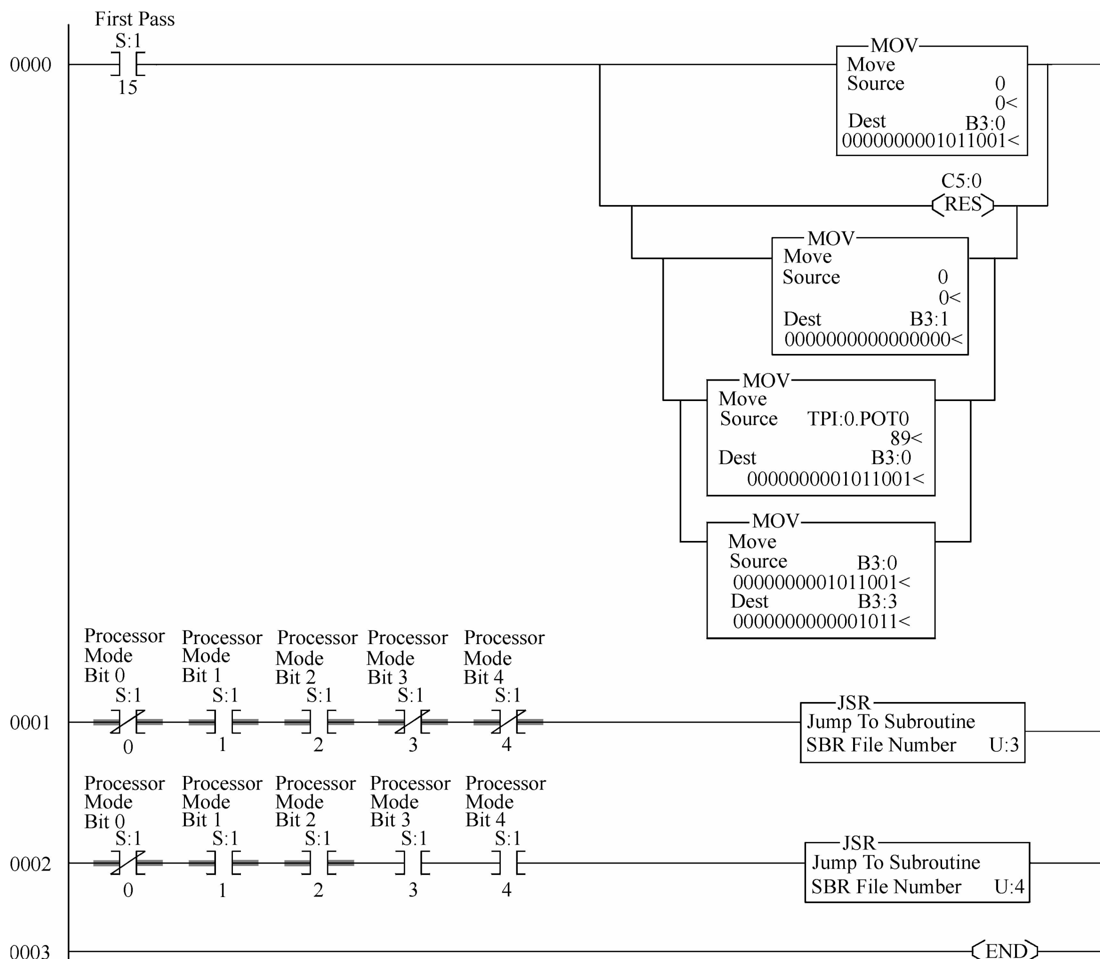


图 7-16　微调电位器主程序

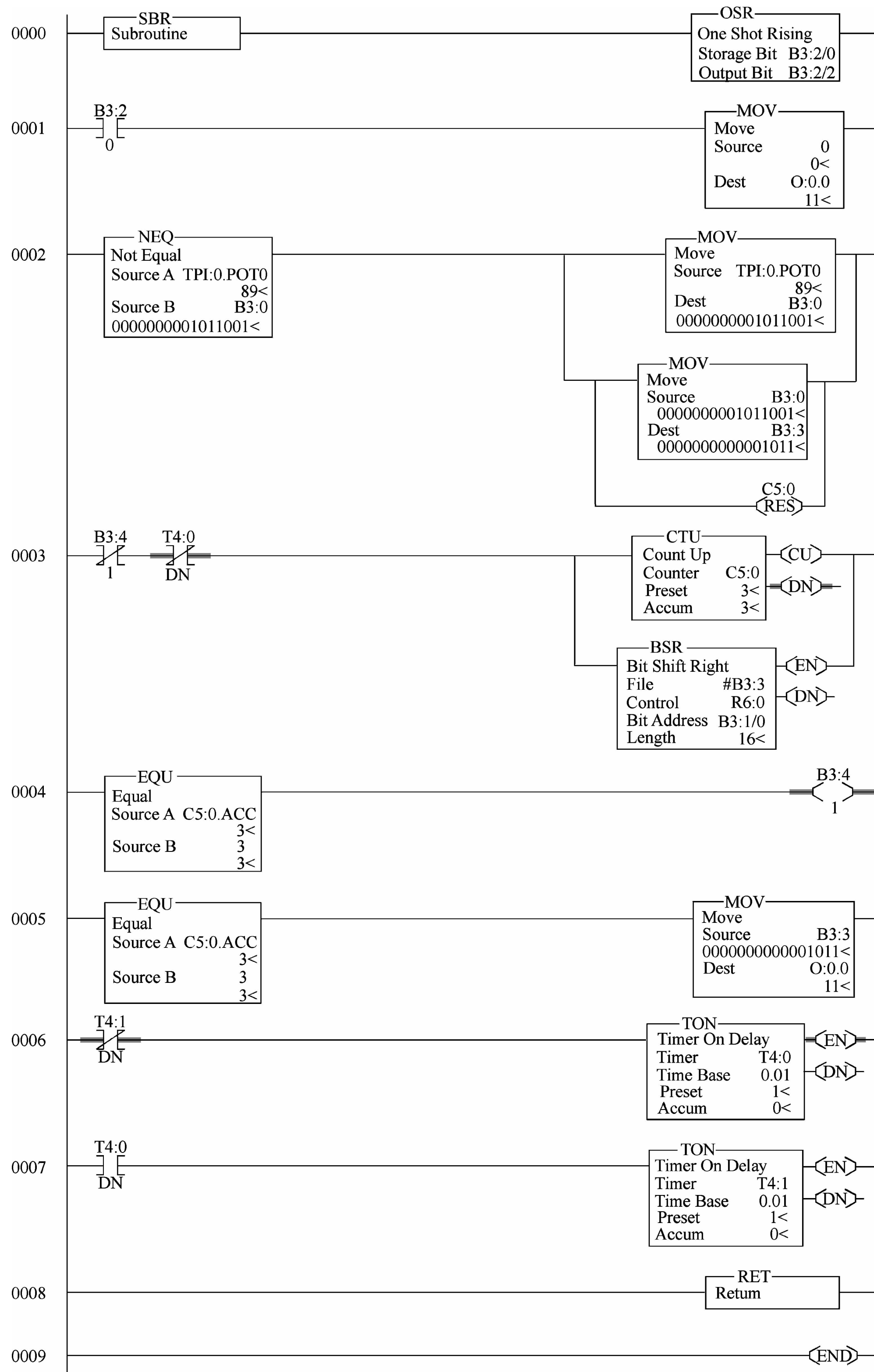


图 7-17 微调电位器子程序— LAD3

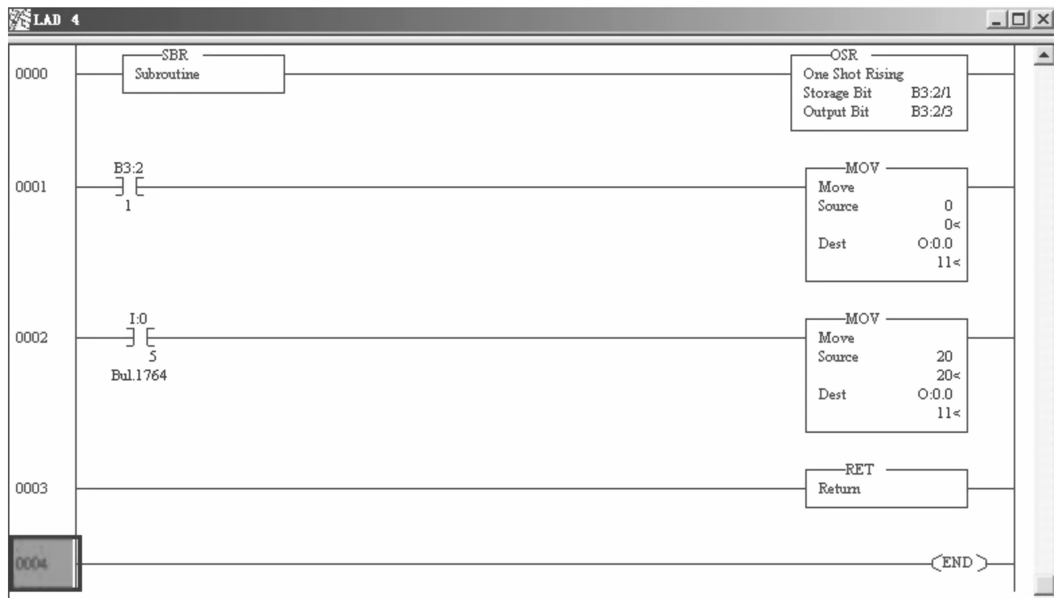


图 7-18 微调电位器子程序二 LAD4

7.4.4 存储器模块信息（MMI）

用于 MicroLogix1500 系统中的存储器模块信息（Memory Module Information，MMI）模块的型号为 1764-MM1 或 1764-MM1RTC（存储器模块和实时时钟）。

MicroLogix1200/1500 控制器的存储器模块主要是由 E^2PROM 组成，除了具有保存数据和文件的作用外，还提供以下功能：

1. 用户程序和数据的备份

存储器模块提供一个简单、灵活的传送用户程序或数据的方法，用户无须个人计算机和编程软件，就可以更新控制器内的程序。

在从模块内读出程序或向模块内写入程序时，控制器的 RUN（运行）指示灯处于闪烁状态。

2. 程序的比较

存储器模块还提供程序密码，如果控制器内的程序与用户指定的存储在模块内的程序不相同时，则控制器不能进入运行模式（RUN 或 TEST）。想选取该特性，只要将“S：2/9”位置 1 即可。

3. 数据文件保护

存储器模块可以指定保护控制器内的一些数据文件，以防下载改写。只有处理器在没有存储器故障，而且存储器模块中数据文件结构与控制器内的数据文件结构相同时，文件保护才起作用。

4. 存储器模块写保护

使用编程软件可选取“写保护”特性。存储器模块允许“一次写入，多次读出”。一旦设定“写保护”就不能取消。如果需要修改存储器模块内的程序，已设定“写保护”的模块是不能再使用的。

5. 带电插拔存储器模块

存储器模块可以在任何时候插入或拔出，而不会损坏该模块或控制器。如果当 MicroLogix1500 控制器正在运行程序时插入存储器模块，则只有在控制器重新上电或控制器被置于非运行模式（编程模式或故障状态）时，该模块才会被控制器检测到。

如果拔出存储器模块，控制器可以在一个程序扫描时间内检测到。

控制器内的存储器模块信息文件随时反映存储器的数据信息。一旦控制器上电或检测到插入的模块时，就会识别模块的目录号、系列、版本、类型（存储器模块、存储器和 RTC 模块），并将这些信息写入 MMI 文件。如果没有存储器模块，或没有“存储器和 RTC 模块”，则在 MMI 文件内写 0。

MMI 功能文件子元素及其功能见表 7-15。

表 7-15 MMI 功能文件子元素及其功能

名称	地址	数据格式	用户程序存取方式	功 能
FT(功能类型)	MMI：0. FT	字(INT)	只读	1 =1764-MM1 存储器模块 2 =1764-RTC 实时时钟模块 3 =1764-MMIRTC 存储器和实时时钟模块
MP(模块是否存在)	MMI：0/MP	位	只读	MP 位用来表示控制器内是否安装了存储器模块。每次扫描都会刷新此位，以便处理器能首先确认此模块。为确保此模块被最早检测到，要求在控制器上电之前或控制器处于非运行模式时优先安装该模块。如果控制器在运行模式时插入，则模块不能被识别。如果模块在控制器运行模式时拔出，则在下一次梯形程序扫描结束时，控制器将 MP 位清 0
WP(写保护)	MMI：0/WP	位	只读	“WP”位置 1，模块被写保护，模块内的用户程序和数据不能改写。如果此位为 0，则模块允许读/写
F0(故障忽略)	MMI：0/F0	位	只读	“F0”位表示在模块内的用户程序状态文件中是否选择忽略故障。它使得用户能确定选择的数据值，而无须从存储器实际装入用户程序 在 MMI 文件内选取 F0 位，并不能决定控制器的操作情况，它仅仅显示存储器模块内用户程序的 F0 位(S：1/8)的设置
LPC(装入程序比较)	MMI：0/LPC	位	只读	“LPC”位表示在模块内的用户程序状态文件中是否选择装入程序比较。它使得用户能确定选择的数据值，而无需从存储器实际装入用户程序 在 MMI 文件内选取 LPC 位，并不能决定控制器的操作情况，它仅仅显示存储器模块内用户程序的 LPC 位(S：2/9)的设置
LE(故障状态装入)	MMI：0/LE	位	只读	“LE”位表示在模块内的用户程序状态文件中是否选择故障状态装入。它使得用户能确定选择的数据值，而无须从存储器实际装入用户程序
LA(始终装入)	MMI：0/LA	位	只读	“LA”位表示在模块内的用户程序状态文件中是否选择始终装入。它使得用户能确定选择的数据值，而无须从存储器实际装入用户程序

（续）

名称	地址	数据格式	用户程序存取方式	功　　能
MB(模式行为)	MMI：0/MB	位	只读	"MB"位表示在模块内的用户程序状态文件中是否选择模式行为。它使得用户能确定选择的数据值，而无须从存储器实际装入用户程序

7.4.5　基本硬件信息（BHI）

基本硬件信息（Base Hardware Information，BHI）文件是只读文件，它包含对 MicroLogix1500 控制器的基本单元的说明信息，见表 7-16。

表 7-16　基本硬件信息功能文件

地址	说明	地址	说明
BHI：0. CN	目录号	BHI：0. REV	版本
BHI：0. SRS	系列	BHI：0. FT	功能类型

7.4.6　通信状态（CS0、CS1）

通信状态功能文件（Communication Status File）包含控制器的通信状态参数组态、通信激活状态等信息。用户可以将此文件用作通信故障查找的工具。CS0 是 MicroLogix1200/1500 处理器都有的一个文件。MicroLogix1500 处理器的 1764-LRP 还有一个 9 针 D 形隔离 RS232 通信接口，因此该控制器还有一个通信状态文件 CS1。

7.4.7　输入/输出状态（IOS）

输入/输出状态（I/O Module Status，IOS）文件是个只读文件，用来储存嵌入式 I/O 或扩展 I/O 的状态信息。其数据文件结构见表 7-17。

表 7-17　输入输出状态 IOS 数据文件结构

字	说　　明
0	嵌入式模块故障代码，总是为 0
1 ~ 8	扩展模块故障代码，字号代表模块的槽号

第 8 章　MicroLogix 控制器在模拟量闭环控制中的应用

8.1　模拟量闭环控制系统

温度、压力、流量和液位是一般闭环控制系统中常见的被控变量。在控制回路中，通过控制器内一定算法的运算来改变执行机构的输出，从而达到被控变量与设定值相等的目的。典型单回路定值控制系统结构图如图 8-1 所示。

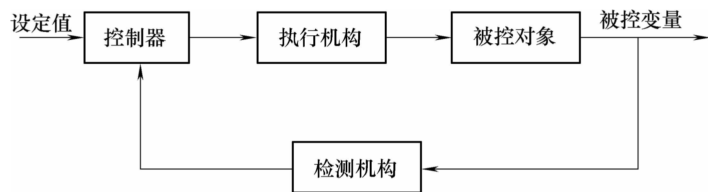


图 8-1　单回路控制系统结构图

控制器可由调节器、可编程序控制器、单片机等组成。MicroLogix1500 系统中提供了 PID 控制算法用于实现闭环控制。PID 算法的优点是：

1）不需要被控对象的数学模型。

2）结构简单，容易实现。

3）有较强的灵活性和适应性。

4）使用起来较方便。

PID 用于闭环控制时，设定值可由下位机编程软件设定（如 RSLogix500 编程界面中），或在上位机组态软件中设定（如 RSView32 中）。反馈通道的模拟量输入值和执行机构执行的模拟量信号需由模拟量输入、模拟量输出模块来转换实现。

8.2　用于 MicroLogix1500 系统的模拟量输入/输出模块

当在 MicroLogix1500 系统中添加扩展模块时，需在系统的左侧或右侧添加终端盖，其中 1769-ECR 为右端终端盖，1769-ECL 为左端终端盖。

可用于 MicroLogix1500 系统的模拟量输入/输出模块见表 8-1。

表 8-1　MicroLogix1500 系统模拟量输入/输出模块

模块型号	信号类型	分辨率及极性	信号范围
1769-IF4	4 路模拟量电流/电压型输入	14 位(单极性) 14 位加符号位(双极性)	0～20mA，4～20mA，DC 0～10V，DC −10～10V，DC 0～5V，DC 1～5V

（续）

模块型号	信号类型	分辨率及极性	信号范围
1769-IF8	8 路模拟量电流/电压型输入	16 位(单极性) 15 位加符号位(双极性)	0 ~ 20mA，4 ~ 20mA，DC 0 ~ 10V，DC －10 ~ 10V，DC 0 ~ 5V，DC 1 ~ 5V
1769-OF2	2 路模拟量电流/电压型输出	14 位(单极性) 14 位加符号位(双极性)	0 ~ 20mA，4 ~ 20mA，DC 0 ~ 10V，DC －10 ~ 10V，DC 0 ~ 5V，DC 1 ~ 5V
1769-OF8C	8 路模拟量电流型输出	16 位单极性输出	0 ~ 20mA，4 ~ 20mA
1769-OF8V	8 路模拟量电压型输出	16 位双极性输出	DC 0 ~ 10V，DC －10 ~ 10V，DC 0 ~ 5V，DC 1 ~ 5V
1769-IF4 × OF2	4 入 2 出	8 位单极性	输入/输出均为 DC 0 ~ 10V，0 ~ 20mA

MicroLogix 控制器可连接扩展模块的最大数量是 8 个。当系统连接了 MicroLogix 附件和扩展模块后，将增加基座的电源负载。例如基座可提供的 DC 24V 的电流为 400mA，1769-IF4 需消耗电流 60mA，1769-IF8 需消耗电流 70mA，1769-OF2 需消耗电流 120mA，1769-OF8C 需消耗电流 160mA，1769-OF8V 需消耗电流 125mA，1769-IF4 × OF2 需消耗电流 160mA。只有在扩展模块所需累计电流值小于最大允许电流值时，系统校验才会通过，否则出现“Use a Large Power Supply”错误。

对于开关量模块，其不消耗系统电流，所以不存在负载问题。

模块的输入输出信号可允许有限的溢出，如 1769-IF4 在可溢出情况下的信号范围为 0 ~ 21mA，3.2 ~ 21mA，DC －0.5 ~ 10.5V，DC －10.5 ~ 10.5V，DC －0.5 ~ 5.25V，DC 0.5 ~ 5.25V。

模拟量输入模块的配置如图 8-2 所示。

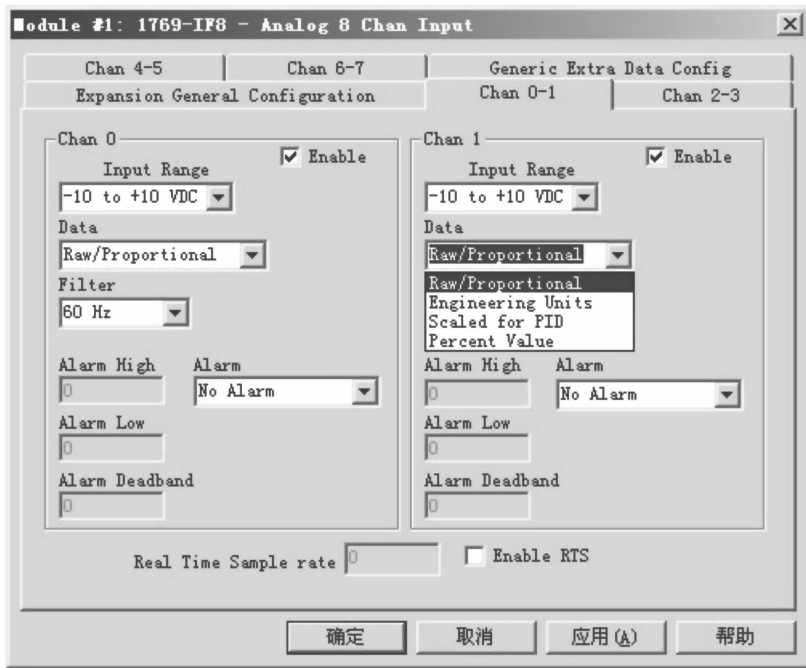


图 8-2　模拟量输入模块的配置

模块输入/输出信号的形式分为以下 4 种：

Raw/Proportional Data：比例计数值，16 位有符号整数，是模块传送给控制器的数据，与输入数据成比例。如 DC -10 ~ 10V 整定范围为 -32 768 ~ 32 767。

Engineering Units：选择工程单位数据格式。模块根据输入信号类型和范围将模拟量数据整定成实际的电压或电流值。

Scaled For PID：PID 整定数值，有符号整数。根据输入信号的类型选择，0 代表最低的数值，16 383 代表最高数值。如 1769-IF4 模块输入信号 4 ~ 20mA 被整定为 0 ~ 16 383（PID 运算器可接收的输入数据的范围是 0 ~ 16 383），小于 4mA 被整定为 -819 ~ -1，大于 20mA 被整定为 16 384 ~ 17 406。如果用户将该模拟量输入用作 PID 运算，则输入数据需选择此种类型。

PID 控制器输出信号的范围也是 0 ~ 16 383。若采用 1769-OF2 模块输出 4 ~ 20mA 信号，则输出信号的类型也应定义为 Scaled For PID。

Percent Range：百分比范围。将输入数据整定成 0 ~ 100% 的用户数值。如 DC 0 ~ 10V 被整定为 0 ~ 10 000。1769-IF4 不支持此模式。

滤波参数（Filter）决定了数据的刷新时间。参数设定值越大，输入状态被控制器确认所延迟的时间越长。

不同信号范围的数据可通过 SCL 指令整定成相同的数据范围。

8.3　PID 控制器

1. PID 指令

PID 指令是一个用于闭环控制的输出指令，梯形图符号如图 8-3 所示。

图中各项含义如下：

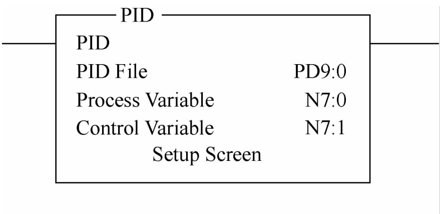


图 8-3　PID 指令

PID File：PID 数据文件号。在使用 PID 指令时需要创建一个 PD 数据文件用于数据的存储。如果没有创建，在输入 PID 指令的 PID File 后，系统会自动创建一个 PD 数据文件。

Process Variable：反馈通道过程变量存储区，整数存储区。如将 1 槽 0 通道的模拟量输入值作为反馈值，此处可直接输入地址 I：1.0。过程变量被整定后可被接收的数据范围是 0 ~ 16 383。

Control Variable：PID 运算结果输出通道，整数存储区。如将 2 槽 0 通道的模拟量输出值作为执行机构的执行量，此处可直接输入地址 O：2.0。输出值范围是 0 ~ 16 383。

PID 指令在使用时，最好是无条件调用。如果在有条件调用的情况下，当指令运行的逻辑条件由真变为假时，PID 的输出将被清 0。

2. PID 设置面板的参数调整

双击设置面板（Setup Screen），进入参数设置面板，如图 8-4 所示。

使用参数设置面板，可以实现对 PID 控制器的参数配置。PID 可调整参数见表 8-2。

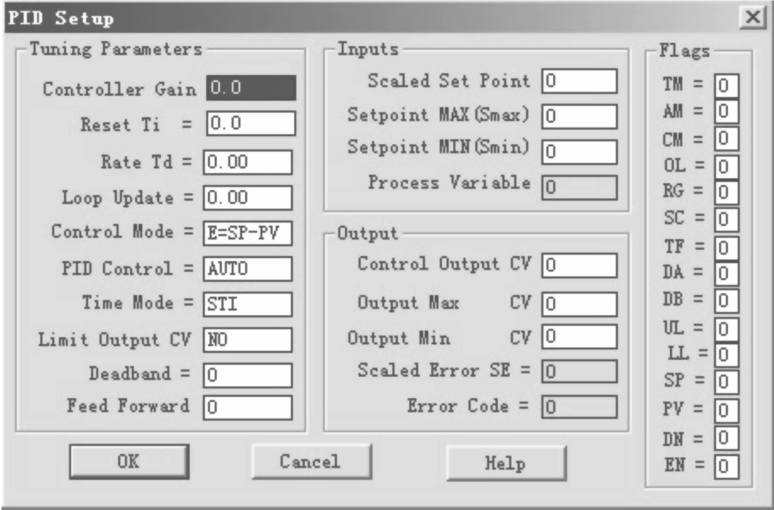


图 8-4 PID 参数设置面板

表 8-2 PID 参数设置面板中各参数的含义

名称	地址	数据类型	数据范围	说　明
Controller Gain Kc-比例增益	PD9：0. KC	字(整数)	0 ~ 32 767	当 RG 位为 0 时，KC 调整范围是 0 ~ 3 276. 7；当 RG 位为 1 时，KC 调整范围是 0 ~ 327. 67
Reset Ti-积分常数	PD9：0. Ti	字(整数)	0 ~ 32 767	当 Ti = 0 时取消积分作用；当 Ti = 1 ~ 32 767 时，Ti 越小，积分作用越强。当 RG 位为 0 时，Ti 调整范围是 0 ~ 3 276. 7；当 RG 位为 1 时，Ti 调整范围是 0 ~ 327. 67
Rate Td-微分常数	PD9：0. TD	字(整数)	0 ~ 32 767	凭经验，设定为积分时间常数的 1/8
Loop Update-循环更新周期	PD9：0. LUT	字(整数)	1 ~ 1 024	PID 在运算时会消耗大量的系统资源，因此 PID 不需要在每次扫描到时都运算一次，而是采用定时运算的方式。该参数即 PID 的运算周期，以 0. 01s 为增量输入。一般该设定值比负载自然周期快 5 ~ 10 倍。当选择可选定时中断(STI)方式工作时，该值必须等于 S：30 中设定的 STI 定时值
Control Mode-控制模式	PD9：0/CM	位	0 或 1	在 E = SP – PV 和 E = PV – SP 之间切换
PID Control-PID 控制	PD9：0/AM	位	0 或 1	手动/自动功能切换。为 0 时，自动模式；为 1 时，手动模式
Time Mode-执行模式	PD9：0/TM	位	0 或 1	在定时(TIMED)和中断(STI)之间切换。为 0 时，STI 模式；为 1 时，TIMED 模式。当设定为定时方式时，PID 以 PD9：0. LUT 设定的时间更新输出；当设定为 STI 方式时，每次扫描到 PID 指令时都更新输出，此时 PID 指令必须放在相应的定时中断子程序中
Limit Output CV-输出限幅	PD9：0/OL	位	0 或 1	为 1 时，限幅，PID 的输出被限制在 CVH(输出高限)到 CVL(输出低限)之间；为 0 时，不限幅

（续）

名称	地址	数据类型	数据范围	说　　明
Deadband-死区	PD：9.0.ZCD	字(整数)	0～最大整定值，或数据没有被整定时是 0～16 383	对设定值进行上、下扩充。当过程变量进入 SP ± ZCD(设定值 ± 死区值)后，PID 认为此时的偏差为 0，PID 输出值被保持。设定死区的目的是为防止过小的偏差在积分作用下产生较大的输出，控制系统出现振荡现象
Feed Forward Bias-偏移量	PD：9.0.FF	字(整数)	－16 383～16 383	PID 输出的偏移量。PID 控制器的输出值等于比例、积分、微分的运算结果加上偏移量

3. PID 设置面板的输入参数

（1）Scaled Set Point-设定值

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
SPS-设定值	PD9：0. SPS	字（整数）	0～16 383①	控制	读/写

① 如果设定值不是以工程单位作为期望控制点，则该值的输入范围是 0～16 383；若是以工程单位作为期望控制点，则输入值应在工程单位的最大值和最小值之间。

（2）Setpoint MAX（Smax）

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
MAXS-工程设定最大值	PD9：0. MAXS	字（整数）	－32 768～32 767	控制	读/写

工程整定设定值通过对两个参数（Smax 和 Smin）或其中之一输入非零值加以选定，此时标志位 SC＝0。如果两个参数的输入值相同，则禁止对设定值进行工程整定，此时标志位 SC＝1。MAXS 对应的过程变量为 16 383。

设定值以工程单位输入如图 8-5 和图 8-6 所示。

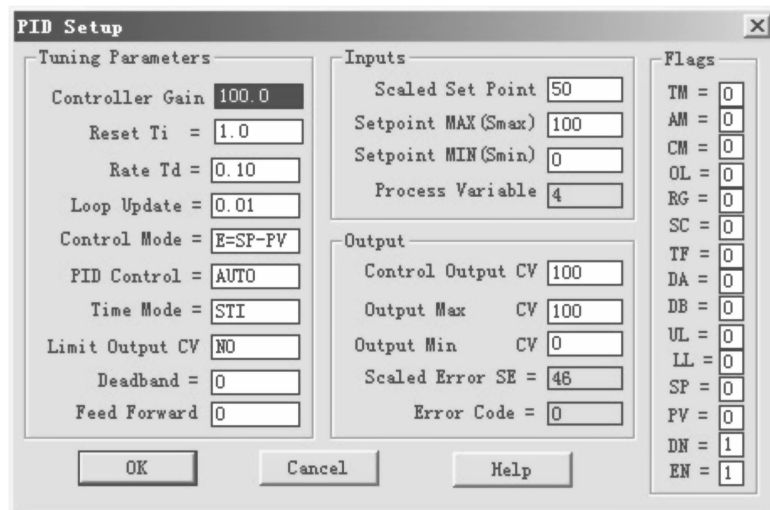


图 8-5　PID 参数设定一（过程值小于设定值）

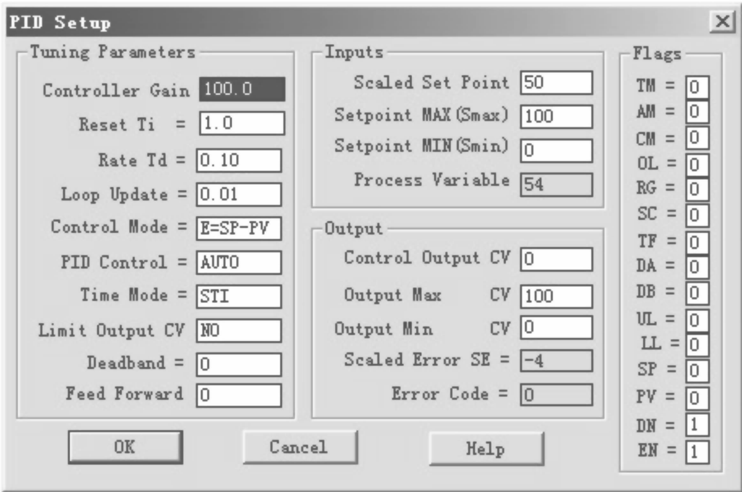


图 8-6　PID 参数设定二（过程值大于设定值）

（3）Setpoint MIN（Smin）

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
MINS-工程设定最小值	PD9：0. MINS	字（整数）	-32 768 ~ 32 767	控制	读/写

如果 SPV 是以执行单位读取的，则 MINS 参数对应于以执行单位表示的设置点的值（当控制输入处于其最小值时）。

（4）Process Variable

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
SPV-整定的过程变量	PD9：0. SPV	字（整数）	0 ~ 16 383	控制	只读

若参数 Smax 和 Smin 相等，PV 值即是过程变量的 Scaled For PID 整定数据，范围是 0 ~ 16 383。若参数 Smax 和 Smin 有一个非零，且不相等，此时是工程整定值。PV 值被自动整定到工程范围（0 ~ 16 383 被整定成 Smin ~ Smax）。

例如，N7：0 中的过程变量为 10 000。当参数设定面板中的 Smax = Smin = 0 时，此时在 Process Variable 中显示 10 000；当 Smax = 300，Smin = 0 时，则 $SPV = \frac{10\ 000}{16\ 383} \times 300 = 183$，在 Process Variable 中显示的数值是 183。非工程整定时的 SPV 值如图 8-7 所示。

4. PID 设置面板的输出参数

（1）Control Output CV

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
CVP-控制变量百分比	PD9：0. CVP	字（整数）	0 ~ 100	控制	读/写

此处的控制变量是以百分比的方式进行显示。0 ~ 100 对应于实际输出的控制变量 0 ~ 16 383。当在自动模式（PD9：0/AM = 0）时，CVP 自动跟踪 PID 输出的控制变量；当在手动模式（PD9：0/AM = 1，PID Control 中显示 MANUAL）时，在此对话框直接修改输出值即

可，范围是 0～100。

当 PID 控制器从自动切换到手动时，如果输出数据 CVP 没有改变，则保持自动运行时的计算结果。

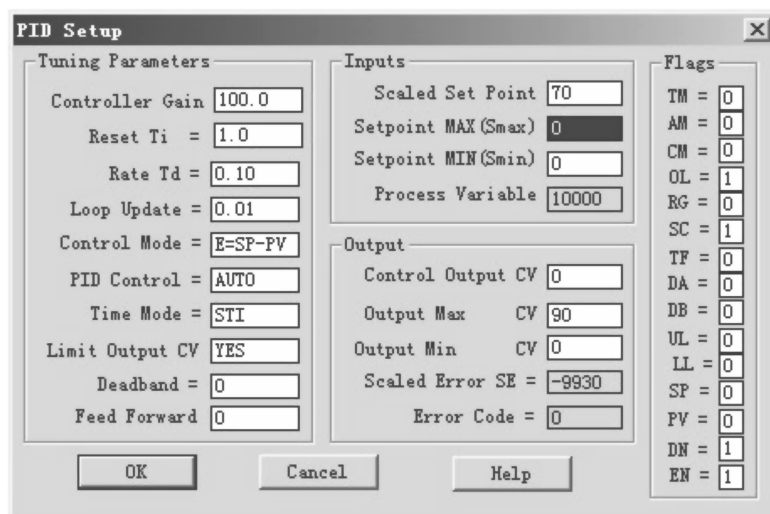


图 8-7　非工程整定时的 SPV 值

（2） Output Max CV

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
CVH-控制变量上限	PD9：0. CVH	字（整数）	0～100	控制	读/写

当 PD9：0/OL 位被置位（为 1）时，可以实现对输出限幅的目的。一旦 PID 的计算结果超过上限设定值时，输出数据被锁定在上限数值上，并引发上限报警（PD9：0/UL 被置位）。当 PD9：0/OL 位被复位（为 0）时，一旦 PID 的计算结果超过上限设定值时，此时仅引发上限报警，并不会限制控制变量的输出。PID 控制器的输出限幅如图 8-8 所示。

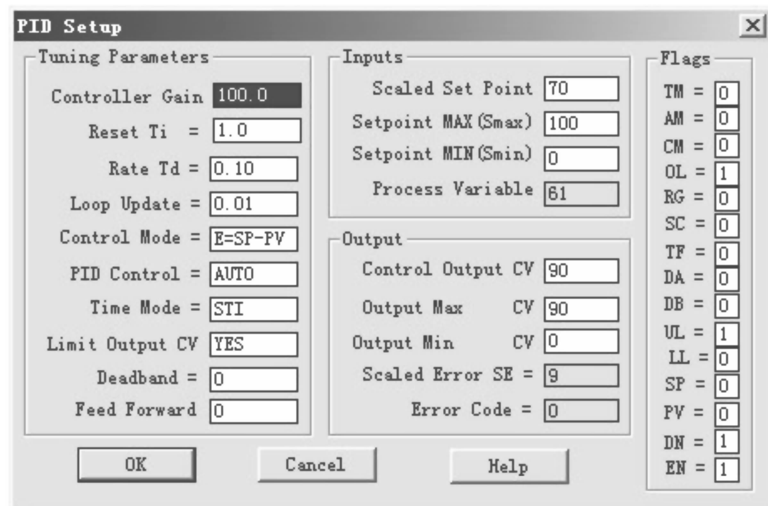


图 8-8　PID 控制器的输出限幅

（3） Output Min CV

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
CVL-控制变量下限	PD9：0. CVL	字（整数）	0 ~ 100	控制	读/写

与 CVH 类似，只是在低于下限时引发下限报警（PD9：0/LL 被置位）。

（4） Scaled Error SE

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
SE-偏差	PD9：0. SE	字（整数）	-32 768 ~ 32 767	状态	只读

设定值与反馈值之差。SE = SP - PV 或 SE = PV - SP，这取决于 CM 位的设定。SE 分为非工程整定数据和工程整定数据两种格式，如图 8-7 和图 8-8 所示。

（5） Error Code

当 PID 在运行过程中发生错误时，会在状态文件的 S：6 中写入故障代码 36H，并在对话框“Error Code”中显示出具体的故障原因。具体故障代码含义见表 8-3。

表 8-3　PID 故障代码

故障代码	产生原因	故障代码	产生原因
11H	循环更新时间大于 1 024 或等于 0	31H	设定值无效
12H	比例增益小于 0	41H	死区数值设定错误
13H	积分增益小于 0	51H	输出上限小于 0 或大于 100
14H	微分增益小于 0	52H	输出下限小于 0 或大于 100
15H	偏移量超范围	53H	输出下限大于输出上限
23H	Smin > Smax		

8.4　PID 指令的标志位

PID 指令的标志位存储在相应数据文件的第 0 字，每个标志位的含义见表 8-4。

表 8-4　PID 标志位及其含义

名称	地址	说　　明
执行模式	PD9：0/TM	TIMED 模式时，为 1；STI 模式时，为 0
手/自动切换	PD9：0/AM	自动运行时，为 0；手动运行时，为 1
控制模式	PD9：0/CM	E = SP - PV 时，为 0；E = PV - SP 时，为 1
输出限制使能	PD9：0/OL	为 1 时，输出限制有效
比例、积分增益加强位	PD9：0/RG	为 0 时，比例、积分增益以 0. 1 递增，如输入数据 10，则实际增益为 1. 0；为 1 时，比例、积分增益以 0. 01 递增，如输入数据 10，则实际增益为 0. 1
设定值整定标志位	PD9：0/SC	为 0 时，选择工程整定类型作为设定值
循环更新周期过快	PD9：0/TF	由于控制器扫描周期的限制，给定的循环更新周期无法完成 PID 程序，该位被置 1
微分动作	PD9：0/DA	为 0 时，PID 的微分部分是对 PV 进行运算；为 1 时，对偏差进行运算
过程变量进入死区	PD9：0/DB	当过程变量进入死区时该位置 1，此时 PID 认为误差为 0，输出保持不变

（续）

名称	地址	说　　明
输出上限报警	PD9：0/UL	当 PID 的输出值超过设定的上限值时，该位被置 1
输出下限报警	PD9：0/LL	当 PID 的输出值低于设定的下限值时，该位被置 1
设定值超限位	PD9：0/SP	设定值大于最大允许设定值或小于最小允许设定值时，该位被置 1
过程变量超限	PD9：0/PV	当未整定的过程变量大于 16 383 或小于 0 时，该位被置 1
PID 完成	PD9：0/DN	当 PID 运算完成时，该位被置 1
PID 使能	PD9：0/EN	当 PID 运算的逻辑条件为真时，该位被置 1

8.5　PID 的其他子元素

1. Old Setpoint Value（OSP）

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
OSP-前一设定值	PD9：0. OSP	字（整数）	－32 768 ~ 32 767	状态	只读

当设定值超范围时，前一设定值取代当前设定值。

2. Scaled Process Variable（SPV）

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
SPV-整定的过程变量	PD9：0. SPV	字（整数）	0 ~ 16 383	状态	只读

见 PID 设置面板的输入参数的 Process Variable 部分。

3. Integral Sum（IS）

名称	地址	数据格式	范围	类型	用户程序读取方式
IS-PID 积分部分的输出	PD9：0. IS	双字	－2 147 483 648 ~ 2 147 483 647	状态	读/写

积分部分的输出，计算公式为 $\frac{K_C}{T_I}\int E\mathrm{d}t$。

8.6　PID 参数的调节

PID 参数在调节时，实质上就是比例（P）、积分（I）和微分（D）组合及具体参数数值的选择。一般可组合为纯比例（P）、比例积分（PI）、比例微分（PD）和比例积分微分（PID），积分和微分不能单独使用。

在对控制器结构进行选择时，可以考虑以下几方面的因素：

1）系统要求快速跟踪，允许有一定的静态误差时，此时选择 P 控制器即可。

2）系统不允许存在静态误差，此时应选择 PI 控制器。

3）对于加热等纯滞后对象，应增加一个超前环节（微分 D），此时选择 PID 控制器。

对于比例（P）参数具体数值的选择，可考虑以下因素：

PID 控制系统的响应曲线一般是一个二阶振荡环节，如果响应曲线还没有达到设定值就出现振荡现象（即没有超调），说明比例项（P）的数值太小；如果曲线出现较大超调，类似于振荡现象的发生，说明比例项数值过大。

对于积分（I）参数具体数值的选择，可考虑以下因素：

积分数值越小，积分作用越强。因此，在整定时，先将积分数值设定为一个比较大的数据，然后将已经整定好的比例系数略为缩小，再减小积分时间，使得系统在保持良好动态性能的情况下，静态误差得以消除。当系统也出现了超调，但消除误差的时间太长（二阶振荡曲线在给定值附近的振荡频率过小），此时说明积分作用还不够，应继续减小积分时间。在调整过程中，根据系统的响应曲线反复改变比例系数和积分时间，直到得到满意的整定参数。

对于微分（D）参数具体数值的选择，可考虑以下因素：

微分环节具有很强的超前性，除非被控对象具有明显的纯滞后现象发生，否则不需要使用微分项。微分项整定时，先将微分时间调整为 0，然后逐渐增加，注意观察响应曲线的形状及 PID 控制器的输出。理想的调节效果是：在响应曲线接近设定值时，PID 控制器的输出信号应该为零。此时误差虽然还存在，但是由于系统的滞后效应，被控变量会跟踪到设定值。

第 9 章　MicroLogix 系统通信网络

建立通信网络的目的在于减少布线，提高系统数据传输速率及可靠性，同时也使得远程监控成为可能。罗克韦尔自动化 MicroLogix 系列控制器可构成多种网络类型，其中控制器类型不同，通道可组态的网络类型不同。详细信息见表 9-1。

表 9-1　MicroLogix1200/1500 控制器支持的网络类型

	DH485	DF1 Full Duplex	DF1 Half Duplex Slave	DF1 Half Duplex Master	DF1 Radio Modem	Modbus RTU Slave	Modbus RTU Master	ASCII
MicroLogix1200 Series A	支持	支持	支持			支持		
MicroLogix1200 Series B	支持	支持	支持			支持		支持
MicroLogix1200 Series C	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
MicroLogix1500 LSP Series A	支持	支持	支持					
MicroLogix1500 LSP Series B	支持	支持	支持			支持		支持
MicroLogix1500 LSP Series C	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持	支持
MicroLogix1500 LRP Series B (Channel 0/1)	支持	支持	支持			支持		支持
MicroLogix1500 LRP Series C	支持	支持	支持	支持(仅限 1 通道)	支持	支持	支持	支持

表中，控制器的通道 0 为控制器上的 8 针圆形接口，位于控制器正面板的右下角上；通道 1 为 9 针 D 形隔离 RS232 通信接口，位于控制器的左侧面上。

此外，还可以使用 1761-NET-DNI 模块，通过 1761-CBL-PM02 电缆将 MicroLogix1500 控制器连接到 DeviceNet 网络上；使用 1761-NET-ENI 模块，将 MicroLogix1200/1500 控制器连接到 Ethernet 网络上。

9.1　DH485 网络

DH485 协议定义了共享一对线路的多个设备间的通信。DH485 协议使用了 RS485 半双工接口作为它的物理接口（RS485 是电气特性的定义，它不是种协议）。RS485 使用能够在公用数据电路上共存的设备，因此设备间的数据共享简单易行。

DH485 网络具有以下特征：

1）32 个设备间的互联。

2）可设置多个主控设备。

3）采用令牌传递访问控制。

4）在增加或删除节点时，不中断网络。

5）最大网络长度为 1219m。

DH485 协议支持两类设备：发送设备和响应设备。网络上的所有设备均有机会激活信息传送。使用令牌传递算法决定哪个发送设备有权进行传送。

9.1.1 DH485 的工作原理

DH485 网络采用令牌传递法传送控制信息。持有令牌的节点可以向网络传送一个信息。每个接收到令牌的节点允许一定数量数据的传输（由令牌持有因子决定）。节点传送信息完毕后，它将把令牌传向下一个设备。

网络中，起始器节点允许的地址范围是 0 ~ 31，应答器允许的地址范围也是 0 ~ 31，在网络中至少要有一个起始器来启动网络。当网络中起始器检测出未激活时间超过"链路停滞超时"后，网络开始启动，且地址号最低的起始器获得令牌。一旦起始器持有令牌，它将开始构筑网络。当拥有令牌的起始器试图将令牌传递给后继节点时，网络开始建立。若网络没有响应，起始器将再次发送令牌传递包，重发 2 次（总共 3 次）。如果传递令牌的工作失败，或者没有找到后继者（例如系统刚通电），则起始器从地址比它大的节点开始线性搜索后继者。当找到另一个激活的起始器时，它把令牌传递给该节点。这个节点将重复该过程直到把令牌传遍整个网络并返回第一个节点，此时网络处于正常工作状态。

利用罗克韦尔自动化的 AIC + 高级接口转换器（1761-NET-AIC），将设备的 RS232 通信口电信号转换成 RS485 电信号，再使用与公共数据回路兼容的设备，实现数据在多台设备间的共享，从而形成 DH485 网络，使信号传送距离从原来的 15.24m 提高到 1219m。

9.1.2 DH485 的物理链路

通过 1761-NET-AIC 模块，将 MicroLogix1500 控制器连接到 DH485 网络上。

DH485 通信电缆建议使用 Belden #3106A 或#9842。这种电缆是带护套和屏蔽层的，有一股或两股双绞线和一根泄流线。

一对双绞线提供一条平衡信号线，另一组附加线作为网络上所有节点之间的公共基准线。屏蔽层可减少网络通信中工业环境电气噪声的影响。通信电缆由接成菊花链的电缆段组成。电缆段的总长度不能超过 1219m。菊花链连接方式如图 9-1 所示。

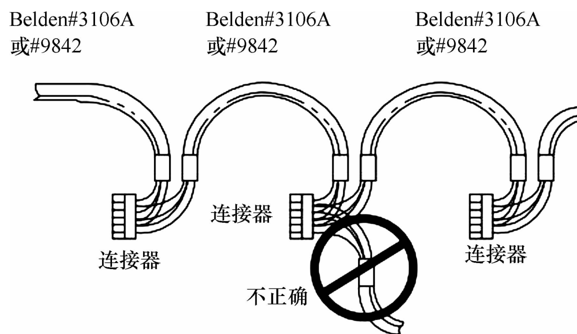


图 9-1 菊花链连接方式

连接器接线方式如图 9-2 所示。

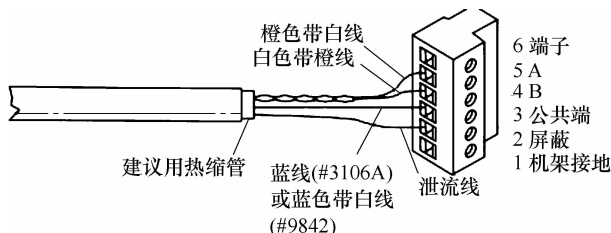


图 9-2 连接器接线方式

在链路的末端只有一个连接器，必须将端子 1 和 2 跨接线连在一起。它为通信电缆的屏蔽提供一个接地保护。

网络两端的连接器，必须将端子5和6跨接线连在一起。这种连接的终端阻抗（120Ω）是构成每个 AIC + 所要求的，符合 DH485 的技术参数要求。链路末端接线方式如图 9-3 所示。

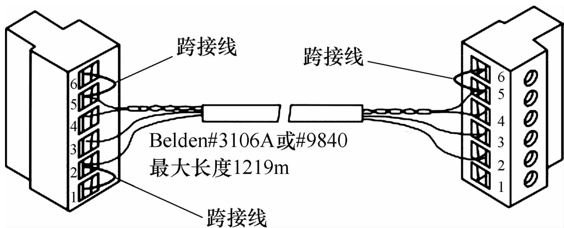


图 9-3 链路末端接线方式

9.1.3 AIC + 高级接口转换器

AIC + 高级接口转换器（目录号 1761-NET-AIC），可将 MicroLogix1500 控制器能连接到 DH485 网络。AIC + 有两个 RS232 端口和一个隔离式的 RS485 端口。典型应用是每个 MicroLogix1500 控制器使用一个 AIC + 。当两个 MicroLogix1500 控制器位置邻近时，用户能将 AIC + 的每个 RS232 端口连接到一个控制器。

AIC + 也能当作一个 RS232 隔离器，为 MicroLogix1500 控制器通信端口和任何与它连接的设备（即个人计算机，调制解调器等）之间提供一个隔离屏障。AIC + 接口外部接线方式如图 9-4 所示。

图 9-4 中，采用端口 2 电源时，DC 电源选择开关拨到 CABLE 位置上；若采用外部电源时，DC 电源选择开关拨到 EXTERNAL 位置上。

MicroLogix 系列控制器与 AIC + 之间的连接电缆情况见表 9-2。

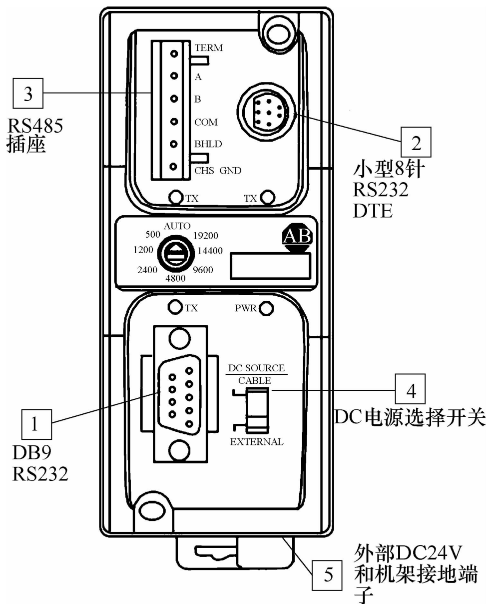


图 9-4 AIC + 接口外部接线

表 9-2 MicroLogix 系列控制器与 AIC + 之间的连接电缆

电缆	长度	连接装置	要求外部电源	电源选择开关设定
1761-CBL-AM00	45cm	连接 MicroLogix1500 控制器到 AIC + 端口 2	否	CABLE
1761-CBL-HM02	2m		是	EXTERNAL
1761-CBL-AP00	45cm	连接 MicroLogix1500 控制器到 AIC + 端口 1	是	EXTERNAL
1761-CBL-PM02	2m		是	EXTERNAL

通过 AIC + 连接的典型 DH485 网络结构图如图 9-5 所示。

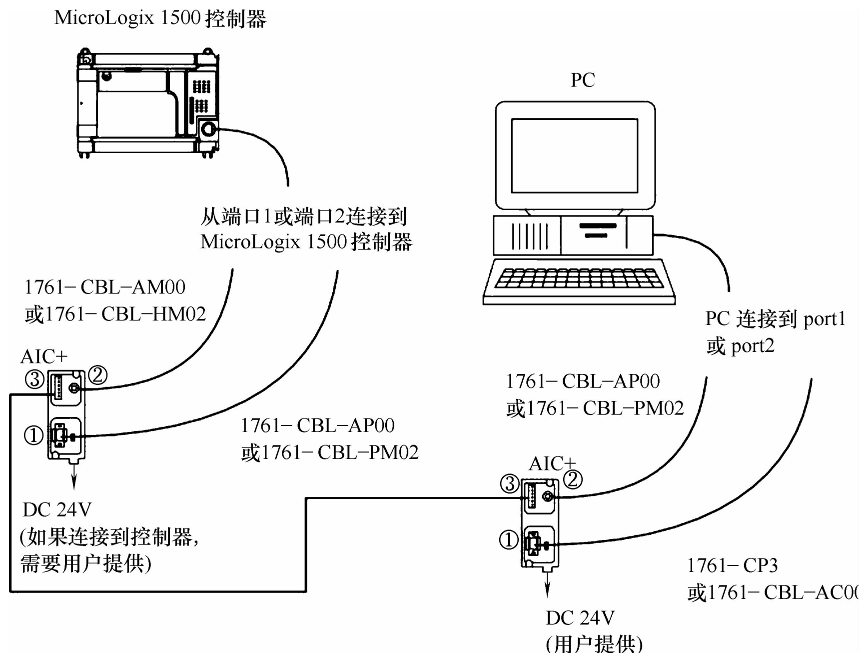


图 9-5　AIC + 连接的典型 DH485 网络结构图

9.2　DF1 通信协议

MicroLogix1500 控制器的通信端口是 RS232 接口。RS232 为电子工业协会（EIA）标准，目的是制定串行二进制通信端口的电气、机械、功能特性。它可以提供多种系统设置（RS232 是电气特性的定义，它不是种协议）。

RS232 接口的最大优点就是允许将电话调制解调器和无线电调制解调器集成在控制系统中（使用相应的 DF1 协议，而非 DH485 协议）。

DF1 协议分全双工和半双工两种通信方式。全双工模式用于计算机和控制器之间的连接（两个设备间的通信）；半双工用于控制器和调制解调器之间的连接（多个设备之间的通信），可构成一个无线通信网络，以用于信息的远程传输。在半双工模式下，每个控制器都需要增加一个 AIC + 高级接口模块（1761-NET-AIC），用于控制器与调制解调器之间的隔离。

9.2.1　DF1 全双工协议

DF1 全双工协议提供两个设备间的点对点通信。DF1 全双工协议综合了数据透明性（美国国家标准协会 ANSI-X3.28-1976 的规范子类 D1）和带内部响应的两路同步传送（子类 F1）。

MicroLogix1500 控制器支持 DF1 全双工协议，它通过 RS232 与外部设备连接，如计算机或其他支持 DF1 全双工协议的控制器。

1. DF1 全双工协议的工作原理

当需要 RS232 点对点通信时，应使用 DF1 全双工协议（也称为 DF1 点对点协议）。该

协议支持两个设备间的双向同步通信。DF1 协议控制信息流量，检测和提示错误，并在检测到错误后重发。通过一根电缆（1761-CBL-PM02）将计算机与控制器进行连接，在软件中将通信模式组态为 DF1 全双工协议。DF1 是开放的协议。

2. DF1 的组态及参数设置

有关 DF1 组态的步骤请参阅 6.1.1 节和 6.1.2 节的内容。

双击“Channel Configuration”，可以查看到组态的结果，如图 9-6 所示。

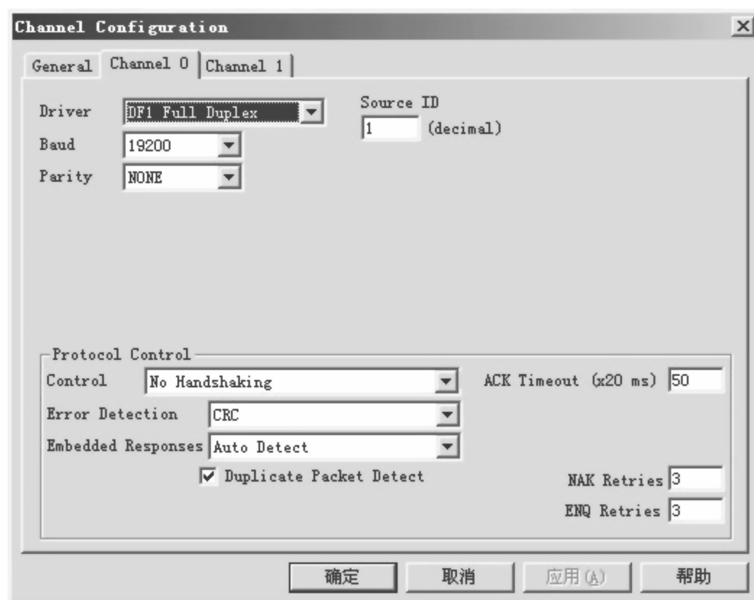


图 9-6　通道 0 组态信息

图中各项含义如下：

Baud：通信波特率。

Parity：奇偶校验。

Control：控制线，分无信号交换方式（No Handshaking，没有调制解调器）和全双工调制解调器信号交换方式（Full-Duplex modem Handshaking）。

Error Detection：CRC（循环冗余校验）和 BCC（信息组校验）。

Embedded Responses：内部响应，分自动检测（Auto-Detect）和选通（Enable）。

Source ID：源 ID（节点地址），0～254。

ACK Timeout：应答超时时间。如果通道发送了一个信息，在规定的超时时间内仍没有得到回应信息，则该通道将试图重建通信。

NAK Retries：NAK 是 Not Acknowledged Messages 的缩写，是接收端在收到不能确认的数据块后反馈给发送端的信号。如果 NAK Retries 处输入 3，代表接收端收到数据但数据有错误时，发送端重发数据的次数是 3 次。

ENQ Retries：ENQ 是 Enquiry 的缩写。当一个通道发生超时事件后，处理器会按照 ENQ 设定的时间发出一个质询信息，询问该节点是否收到前一个信息。

3. DF1 全双工系统的连接

DF1 全双工连接示意图如图 9-7 所示。

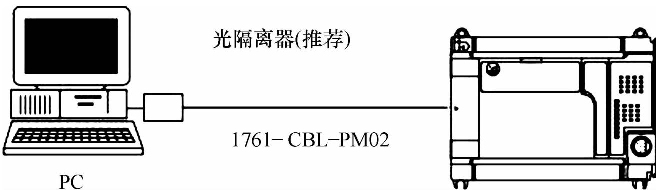


图 9-7 DF1 全双工连接示意图

图中的光隔离器可选用 1761-NET-AIC。

MicroLogix1500LSP 采用 8 针 DIN 圆形串口连接电缆（1761-CBL-PM02 B 系列）与编程器之间进行连接。电缆连接图如图 9-8 所示。

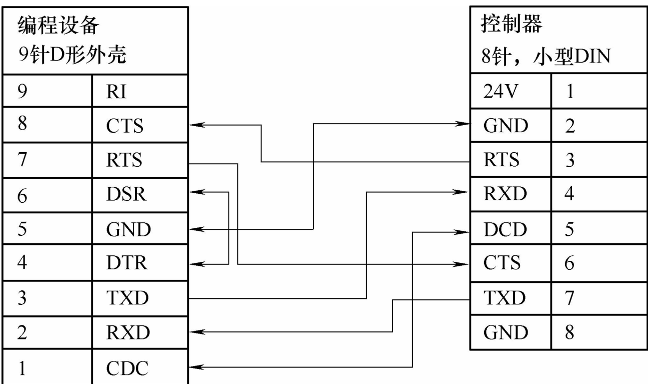


图 9-8 编程设备（9 针）与控制器（8 针）的电缆连接图

MicroLogix1500LRP 的通信 1 口采用普通 9 针串口直连电缆，连接方式是 2-3、3-2、5-5。

9.2.2 DF1 半双工协议

DF1 半双工协议提供一个单主多从的多点网络。DF1 半双工协议支持数据透明性（美国国家标准协会 ANSI-X3.28-1976 的规范子类 D1）。与 DF1 全双工协议相反，DF1 半双工通信是单向的。MicroLogix1500 控制器中的 RS232 端口可以既作为半双工编程端口又可作为半双工点对点信息端口。

1. DF1 半双工协议的工作原理

主控设备通过“轮流查询”从设备来激活所有的通信。从设备只有在主控设备轮询时才能传送信息包。主控设备的轮询是有规则且对每个从设备都是均等的，所以每个从设备通信的机会都是均等的。在轮询过程中，主控设备可以不断查询该从设备直到没有信息包传送为止，或者每个轮询过程只查询该从设备一次，这取决于主控设备的组态。主从设备的节点地址必须是不同的。

DF1 半双工协议的附加特性是允许从设备梯形程序中的 MSG 指令向其他从设备发送或接收数据。当激活的从设备被查询时，从站的 MSG 指令首先将数据发送到主控设备，主控

设备识别出这并非自己的信息，而是其他从设备的信息，故即刻将信息传送到目标从设备。目标从站在接收到主站转发的数据后，会在被轮询时向主站发送一个已响应的数据包，同样，主站会把这个响应数据包转发给发送 MSG 指令的从站。从对从传送是主控设备的功能，也可以被编程软件用于向 DF1 半双工链路上的处理器上载或下载程序。

DF1 半双工协议最多支持 255 个设备（地址 0～254），地址 255 保留为主控设备广播用。MicroLogix1500 控制器支持使用 RTS/CTS（请求发送/清除发送）硬件信号交换方式的半双工调制解调器。

2. DF1 半双工主设备

仅 MicroLogix1200 Series C FRN7 和 MicroLogix1500 Series C FRN8 及以上控制器可被定义为 DF1 半双工主设备（DF1 Half Duplex Master）。当主设备要传送的信息是一个广播信息时，则在 MSG 指令参数设定界面的“Target Device”栏中，“Local Bridge Add”需设定为 -1。

（1） DF1 半双工主站驱动程序广播消息

由所有 DF1 半双工从站接收和执行 DF1 半双工主站发出的广播写入命令。在对 DF1 半双工从站进行轮询后，接收、确认和重新广播 DF1 半双工主站接收到的广播写入命令，而 DF1 半双工主站不执行该广播写入命令，将该命令视为任何其他从站到从站的命令，重新广播后未收到确定的情况除外。

（2） DF1 半双工主设备的轮询模式

对主站进行配置，以决定是用基于消息的轮询模式还是标准轮询模式与从站通信。

1） 基于消息的轮询模式。当与从站通信的时间不紧急时和用户需要能够限制主站与每个从站的通信时间和次数的情况下，使用基于消息的轮询模式。

使用基于消息的轮询模式时，主站与从站的通信时间是指梯形图逻辑中 MSG 指令从发出到到达特定从站的时间。这种轮询模式使用户可以全面控制（通过梯形图逻辑）与每个从站的通信时间和次数。

如果“同时”触发多个 MSG 指令，将按顺序一次执行一个命令，直到完成（即第一个 MSG 排队指令，在传送下一个排队的 MSG 指令前传输完毕或报错）。任何时候要触发从站无法响应的消息（例如，调制解调器故障），该消息将经历重试和超时，这会减慢执行所有其他排队的消息。每个响应从站对消息做出响应的最短时间随着无法响应的从站数量的增加而直线增加。

如果基于消息的选择是“允许从站发出消息”，从站可以将消息发送到主站（通过发送异常消息轮询报告）或另一个从站（从站到从站发送消息）。MSG 命令数据包将保留在从站的传送队列中，直到主站触发其自己的 MSG 命令数据包为止（可能是几秒、几分钟或几小时后，取决于主站的梯形图逻辑）。

如果基于消息的选择是“不允许从站发出消息”，则即使从站触发并在其梯形图逻辑中排队等候 MSG 指令时，主站也不会对其进行处理。

使用基于 MSG 的轮询模式时，主设备只有在 MSG 指令发送到梯形图逻辑中触发的从设备时才开始与从设备进行通信。传送读取或写入命令后，主设备等待答复 MSG 超时时段，然后轮询从设备是否答复其命令。可以对主设备进行配置，以忽略（“基于 MSG 的轮询，不允许从设备发出消息”）或接收（“基于 MSG 的轮询，允许从设备发出消息”）可能已经触发并在从设备中排队等候的 MSG。

2）标准轮询模式。标准轮询模式用于主站与所有从站之间通信时间紧急的大型系统或要使用从站发出的消息的系统（由于使用与从站到从站发送消息所使用的机制相同，所以这包括通过网络的从站编程）。激活的节点表“自动”跟踪正在通信（和没有进行通信）的从站。当需要限制主站与每个从站的通信时间和次数的情况下，不应使用标准轮询模式。

标准轮询模式使主站以轮流的方式将一个或多个 4 字节轮询包连续发送至由轮询列表中的用户配置的每个从站地址，在到达轮询列表最后一行时，主站立即返回并再次从轮询列表的顶行开始轮询从站。轮询过程独立于并可能与在主站梯形图逻辑中触发的任何 MSG 指令不同步。事实上，即使在主站处于程序模式中时，该轮询也会继续。

在主站处于运行模式时触发 MSG 指令的情况下，在完成对轮询列表中从站的轮询后和开始对轮询列表中的下一个从站进行轮询前（无论其当前在轮询列表中处于哪个位置），主站将传送消息数据包。如果“同时”触发多个 MSG 指令，在两次从站轮询之间可能至少发送 4 个消息数据包。这些消息中的每条消息都将有机会在主站轮询从站（地址在发送到轮询列表中该从站的数据包中）时完成。

如果将传送的每个消息数据包定址到不同的从站，完成的顺序将基于在轮询列表中出现的下一个从站地址，而不是执行并传送 MSG 指令的顺序。

当从站从主站接收轮询包时，如果其有一个或多个消息数据包排队等候传送（及早答复接收到的命令或梯形图逻辑中本地触发的 MSG 命令），则主站将传送队列中的第一个消息数据包。

如果标准模式选择是“每次轮询扫描单条消息”，则主站将转至轮询列表中的下一个站。如果标准模式选择是“每次轮询扫描多条消息”，则主站将继续轮询这个从站，直到其传送队列中没有消息数据包为止。

当从站使用 2 字节轮询响应对主站轮询包做出响应时，主站识别没有消息数据包排队等待传送的从站。

每次从站对其轮询包做出响应或无法对其轮询包做出响应时，主站“自动”更新其激活的节点表（如果处于程序模式，则再次更新）。在该列表中，将一个位分配到每个可能的从站地址（0～254）。如果从站在轮询时没有做出响应，则清除其激活的节点表位；如果从站在轮询时做出响应，则设置其激活的节点表位。除了作为一个在线故障处理工具之外，两个常用的激活的节点表还将向与主站连接的操作员界面报告所有从站的正常/故障通信状态，用于监视、报警和记录，并将提前处理传送到每个特定从站的 MSG 指令。

另一种情况是，如果从站在最后一次轮询时没有做出响应，不能接收并对 MSG 指令做出响应，从站将在错误完成前处理最大数量的重试和超时。这会减慢轮询扫描和任何其他正在进行的消息发送。使用这种技术，每个响应从站最短消息发送时间实际随着不能做出响应的从站的数量增加而减少。

为了在针对标准轮询模式配置主站时通过半双工网络远程监视和编程从站，编程计算机 DF1 从站驱动程序（通常为罗克韦尔自动化软件 RSLinx）站地址必须包括在主站轮询列表中。

3）异常报告的轮询。异常报告的轮询让从站将数据传送到其主站，释放主站，使主站不再重复从每个从站读取数据块以确定是否发生任何从站输入或数据更改。通过用户编程，从站监视其自己的输入是否发生状态或数据更改，如果发生更改，则排队数据，在主站轮询

从站时将其写入主站。

4）从站到从站发送消息。如果有一个从站要向另一个从站发送消息，则只需在对轮询做出响应时将目标从站地址包括在消息指令的目标字段中替代主站地址即可。主站检查从任一从站接收的每个数据包头中的目标站地址。如果地址与从站自己的站地址不匹配，整条消息将在遥测网络上发回到合适的从站，不会进行任何进一步的处理。

（3）DF1 半双工主设备的配置

DF1 半双工主设备的配置界面如图 9-9 所示。

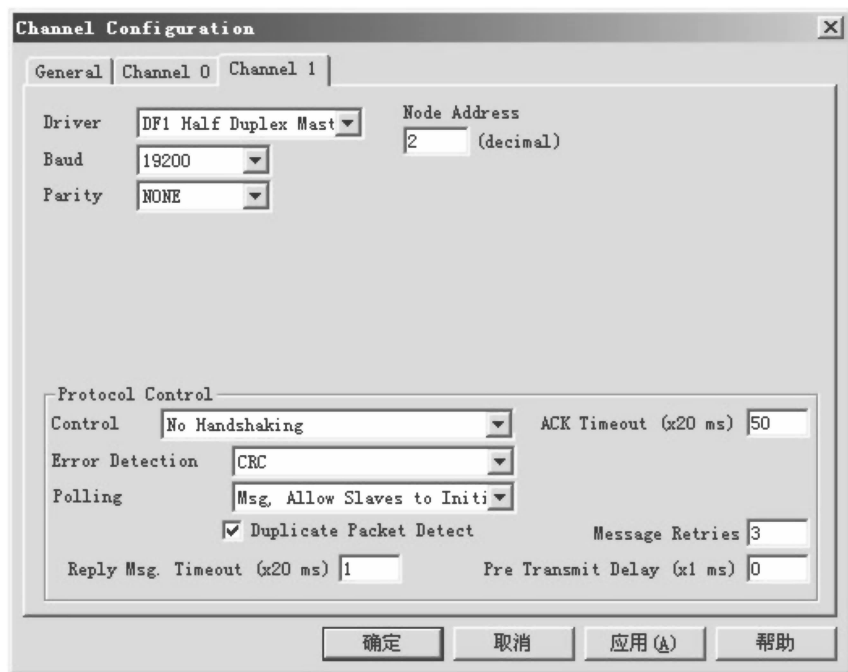


图 9-9　半双工主设备配置界面

参数配置界面图中其他参数的含义说明如下：

1）Control：控制线，分无信号交换方式（No Handshaking，点对点通信，没有调制解调器）、半双工调制解调器信号交换方式［Half-Duplex modem（RTS/CTS Handshaking）］和全双工调制解调器［Full-Duplex Modem（RTS on）］。

2）Error Detection：错误检测模式，分 BCC 和 CRC。CRC 检测比较全面，BCC 检测比较快。

3）Polling Mode：轮询模式。包括：基于 MSG 的轮询，允许从设备发出消息（Msg，Allow Slaves to Initiate）；基于 MSG 的轮询，不允许从设备发出消息（Msg，Don't allow Slaves to Initiate）；标准轮询，每次扫描单条消息（Std，single msg. per scan）；标准轮询，每次扫描多条消息（Std，multiple msg. per scan）。

4）Duplicate Packet Detect：重复数据包检测。当启用重复数据包检测时，检测并消除对消息的重复响应。如果将发送器的消息发送重试设置大于 0，则将在有干扰的通信条件下发送重复数据包。

5）Reply Msg Timeout：答复 MSG 超时。设定值为 0 ~ 65535。如果在超时设定的时间内，通道发出的信息没有得到响应信息，则通道会重建通信。

6）ACK Timeout：应答（Acknowledgement）超时。设定值为 0 ~ 65535。在消息重发或消息指令发生错误前，主设备等待已发信息应答响应的时间。

7）RTS Off Delay：请求发送延时断开。设定值为 0 ~ 65535，仅在“Control”中选择“Half-Duplex Modem”时才可设定，指定将最后一个串行字符发送到调制解调器和停用 RTS 之间的延迟时间，为调制解调器提供额外时间以传送数据包的最后一个字符。

8）RTS Send Delay：请求发送延时。设定值为 0 ~ 65535，仅在“Control”中选择“Half-Duplex Modem”时才可设定，是发送设备 RTS 命令和终端设备允许发送命令 CTS 之间的时间延迟。用于与收到 RTS 后没有准备好立即响应 CTS 的调制解调器一起使用。

9）Message Retries：消息发送重试次数。设定值为 0 ~ 255，指定主设备在没有接收到来自从设备的应答指令时尝试重新发送消息数据包的次数。用于确认在传输中可能中断的干扰环境。

10）Pre-Transmit Delay：预先传送延时。设定值为 0 ~ 65535。在控制模式设置为“No Handshaking”时，这是传输前的延迟时间。1761-NET-AIC 物理半双工网络需要该延迟。1761-NET-AIC 需要 2ms 的延迟时间来从传送模式切换为接收模式。

当控制模式设置为“Half-Duplex Modem（RTS/CTS Handshaking）”时，这是接收数据包的最后一个字符和下一次 RTS 请求之间最短的时间延迟。

11）Priority Polling Range-High：优先轮询范围-高。选择优先轮询的最后一个从站地址，仅在标准轮询模式下。

12）Priority Polling Range-Low：优先轮询范围-低。选择优先轮询的第一个从站地址。输入 255 禁用优先轮询。仅在标准轮询模式下。

13）Normal Polling Range-High：正常轮询范围-高。选择正常轮询的最后一个从站地址，仅在标准轮询模式下。

14）Normal Polling Range-Low：正常轮询范围-低。选择正常轮询的第一个从站地址。输入 255 禁用正常轮询。仅在标准轮询模式下。

15）Normal Poll Group Size：正常轮询组大小。输入返回优先轮询范围前在正常轮询范围内扫描的过程中，想要轮询的正常轮询范围中的活动站数量。如果在优先轮询范围中没有配置站，则将该参数保持为 0。

可在在线状态下，通过 Channel Status 查看通信情况。

3. DF1 半双工从设备

（1）DF1 半双工从站驱动程序广播消息

在 DF1 半双工从站发出广播写入命令时，其像任何其他 MSG 命令一样排队等候，直到收到来自 DF1 半双工主站的轮询为止。在传送广播写入命令后，该 DF1 半双工从站接收到来自 DF1 半双工主站接收数据包过程正确的确认。在 DF1 半双工主站重新广播写入命令时，其他 DF1 半双工从站接收并执行命令，所有其他从站节点接收广播数据包，没有确认或答复命令被发回。当要传送的信息是一个广播信息时，则在 MSG 指令参数设定界面的“Target Device”栏中，“Local Bridge Add”需设定为 -1。

（2）DF1 半双工从设备的配置

半双工从设备（DF1 Half-Duplex Slave）的配置界面如图 9-10 所示。

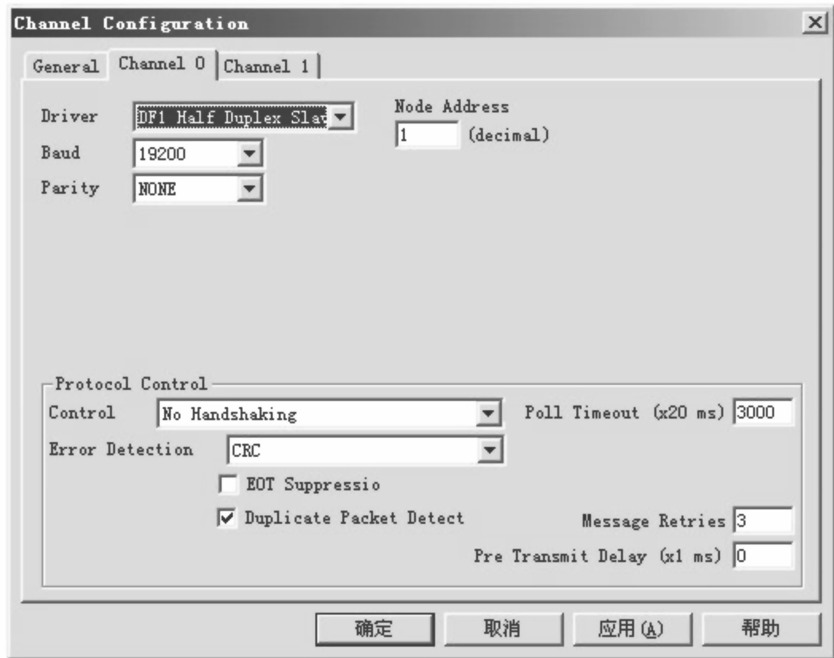


图 9-10　半双工从设备的配置界面

图中各参数说明如下：

1）Control：控制线。分无信号交换方式（No Handshaking，点对点通信，没有调制解调器）和半双工调制解调器信号交换方式［Half-Duplex modem（RTS/CTS Handshaking）］。

2）Error Detection：错误检测模式。分 BCC 和 CRC。CRC 检测比较全面，BCC 检测比较快。

3）EOT Suppression：EOT 抑制。当启用 EOT 抑制时，如果没有消息排队，则从站在轮询时不做出响应。在没有消息要传送时，这可以节省调制解调器的传输功率。

4）Duplicate Packet Detect：重复数据包检测。启用时，检测并消除对消息的重复响应。如果将发送器的消息发送重试设置大于 0，则将在有干扰的通信条件下发送重复数据包。

5）Poll Timeout（x20ms）：轮询超时。设定值为 0 ~ 65535。只有在从设备发出 MSG 指令时才应用轮询超时。它是从设备等待来自主设备的轮询所需的时间。如果从设备在轮询超时内没有接收轮询，将发生 MSG 指令错误，并且梯形图程序需要对 MSG 指令进行重新排队。如果正在使用 MSG 指令，则不要使用值为零的轮询超时。当轮询超时值设为零时，禁用轮询超时。

6）Message Retries：消息发送重试次数。设定值为 0 ~ 255。指定主设备在没有接收到来自从设备的应答指令时尝试重新发送消息数据包的次数。用于确认在传输中可能中断的干扰环境。

7）Pre-Transmit Delay：预先传送延时。设定值为 0 ~ 65535。当控制模式设置为“No Handshaking”时，这是传输前的延迟时间。1761-NET-AIC 物理半双工网络需要该延迟。

1761-NET-AIC 需要 2ms 的延迟时间来从传送模式切换为接收模式。当控制模式设置为“Half-Duplex Modem（RTS/CTS Hand shaking）”时，这是接收数据包的最后一个字符和下一次 RTS 请求之间最短的时间延迟。

9.2.3 DF1 无线电调制解调器协议

DF1 无线电调制解调器协议（DF1 Radio Modem）可被应用于 MicroLogix1200，FRN 7 及以上；MicroLogix1500，LSP Series C FRN 8（0 通道）及以上和 MicroLogix1500，LRP Series C FRN 8（1 通道）及以上的控制器。应用该协议时，要求无线电调制解调器网络必须具有全双工数据端口缓冲和避免无线电传输冲突的功能。

这种驱动程序执行专为与无线电调制解调器网络一起使用而优化的协议，即 DF1 全双工和 DF1 半双工协议之间的混合协议，并且与任一个协议都不兼容。

使用 DF1 无线电调制解调器协议对于无线电调制解调器网络的主要优势是在传输效率方面。每个读取/写入事务（命令和答复）只需要发送器的一次传输（发送命令）和应答器的一次传输（发回答复）。这可以最小化无线电需要“key-up”传送的次数，最大化使用寿命和最小化无线电功耗。它还可以使通信吞吐量最大化。相比之下，对于 DF1 主站，DF1 半双工协议需要 5 次传输来完成与 DF1 从站的读取/写入事务（主站传输 3 次，从站传输 2 次）。

像 DF1 全双工通信协议一样，DF1 无线电调制解调器协议允许任一节点随时发送信息至任一其它节点。如同 DF1 半双工协议，网络最多支持 255 台设备，地址范围是 0 ~ 254。节点只接收广播数据包和具有自己地址的信息包。任何 DF1 无线电调制解调器节点发送的广播写入命令由接收该命令的所有其他 DF1 无线电调制解调器节点执行，不发回确认或答复信息。

不同于 DF1 全双工或 DF1 半双工协议，DF1 无线电调制解调器协议不包括 ACK、NAK、ENQ 或轮询包，通过 CRC 校验来确保数据完整性。

1. DF1 无线电调制解调器协议的配置

DF1 无线电调制解调器协议配置界面如图 9-11 所示。

配置界面的大部分参数设定与半双工中的相同，其他不同部分说明如下：

1）Store and Forward File#：存储和转发文件编号。存储和转发允许通过一个或多个无线电范围内的节点传送两个无线电范围外的节点之间的消息。这是用于存储和转发表的数据表文件编号。如输入 10，会在 B10 数据文件中建立存储和转发列表。

如果使用的控制器是 1764-LRP，则在其 1 通道内，控制模式选择为“Half Duplex Modem with DCD Handshaking”，出现“DCD Wait Delay”对话框。

2）DCD Wait Delay：数据载波检测延迟等待。设定值为 0 ~ 255。设定主设备在没有接收到来自从设备的应答响应后，重新发送消息的延迟时间。用于在干扰环境中，应答响应可能丢失的情况下。

只要指定的“主站”节点是发送 MSG 指令的唯一节点，并且一次只触发一个 MSG 指令，DF1 无线电调制解调器驱动程序就可以在伪主站/从站模式中与任何无线电调制解调器一起使用。

对于支持全双工数据端口缓冲和避免无线电传输冲突的串行无线电调制解调器，DF1 无线电调制解调器驱动程序可以用于设置“无主站”的点对点无线电网络，在该网络中，只

要所有节点在无线电范围内，任一节点就可以随时向任一其他节点发起通信，从而使它们可以相互接收传输的消息。



图 9-11　DF1 无线电调制解调器协议配置界面

2. 信息的存储和转发

为了在无线电范围以外的节点之间转发数据包，DF1 无线电调制解调器还支持存储和转发功能。启用存储和转发功能时，每个节点都要有一个用户配置的存储和转发表，根据该表配置的数据包的来源和目标地址，控制器决定重新广播哪个已接收到的数据包。

对存储和转发表的配置，是使用长度为 16 个字的任一有效二进制数据表文件（B3、B9～B255）来完成的。文件中的每个位对应于 DF1 无线电调制解调器节点地址。为了配置 MicroLogix 控制器使其在两个其他节点之间存储和转发消息数据包，必须设置对应于这两个节点地址的位。例如，如果节点 2 用于在节点 1 和节点 3 之间存储和转发消息数据包，则必须在节点 2 的存储和转发表文件中设置位 Bx/1 和位 Bx/3（其中，x 是配置的数据表文件编号）。也可以设置位 255 来存储和转发广播数据包。

启用存储和转发后，还自动启用重复数据包检测。当在无线电调制解调器网络中使用存储和转发时，即使清除文件中所有位，每个节点也应配置一个存储和转发表文件，从而将忽略重复的数据包。

9.3　Modbus RTU 协议

Modbus 远程终端单元（Modbus Remote Terminal Unit，Modbus RTU）协议可以将驱动程序配置为 Modbus RTU 主站或 Modbus RTU 从站。Modbus RTU 从站驱动程序将 4 种 Modbus 数据类型（线圈、触点、输入寄存器和保持寄存器）映射到用户创建的 4 个二进制数据表

文件和/或整数数据表文件。

1. Modbus RTU 主站

MicroLogix1200 FRN8 版本及以上处理器或 MicroLogix1500 FRN9 版本及以上处理器才可被配置才 Modbus RTU 主站。

Modbus RTU 主站可以使用 MSG 指令与 Modbus RTU 从站之间进行数据文件的传输。

Modbus 寻址范围为每个内存组的 16 位数据，地址范围为 1 ~ 65 536。有 4 个内存组，每个功能一个内存组：线圈（通常地址为 0xxxx）、触点（1xxxx）、输入寄存器（3xxxx）和保持寄存器（4xxxx）。

例如，控制器的线圈数据被存储在 B10 文件中，在配置 Modbus RTU 从站时，选择 Modbus 数据文件表中的线圈文件号为 10，则 Modbus 地址 0001 对应于控制器 B10/0 位的状态，Modbus 地址 4096 对应于控制器 B10/4095 位的状态。如保持寄存器文件号被定义为 N11，则 40001 对应于 N11：0，40256 对应于 N11：255。

线圈和触点是对位进行寻址。线圈即为输出，可以被读取和写入。触点即为输入，只能被读。输入寄存器和保持寄存器是对字进行寻址。输入寄存器通常用于内部存储的输入值，为只读属性。保持寄存器是通用的，可通过通信指令被读/写。

地址的最高位被视为前缀，并且在配置消息指令时不输入 Modbus 数据地址字段。在发送消息时，地址减量为 1 并转换为要通过网络传送的 4 字符十六进制数字（范围为 0 ~ FFFFH）；从站以 1 为单位增加地址，并基于 Modbus 功能选择合适的内存组。

Modbus 协议在字段中不能一致地执行。Modbus 规范要求寻址范围以 1 开始，但是某些设备从 0 开始寻址。为了正确地访问 Modbus 从站内存，可能需要将消息设置屏幕中的 Modbus 数据地址增加 1，这取决于从站执行的内存寻址。

用于 Modbus 主站的 MSG 指令设置如图 9-12 所示。

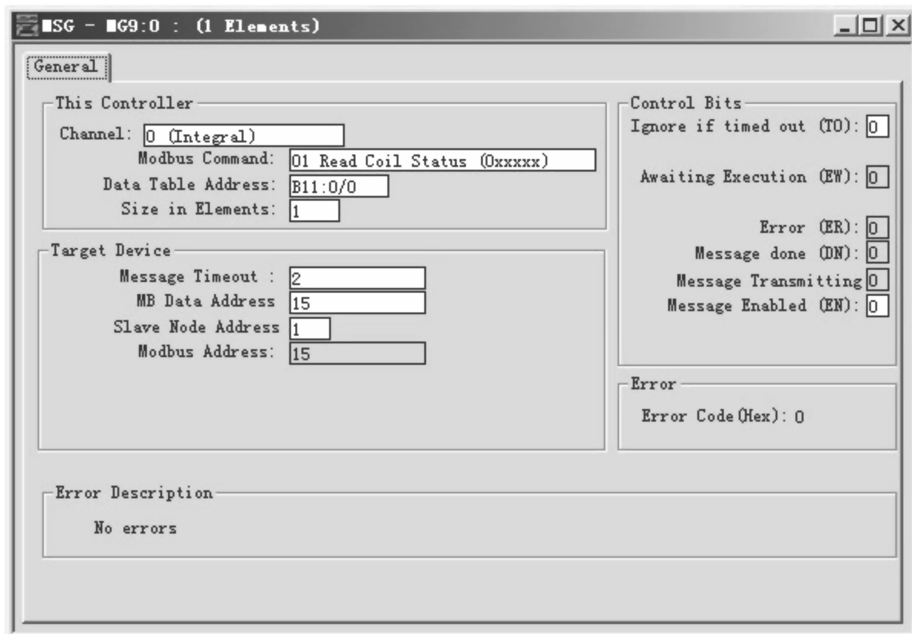


图 9-12　用于 Modbus 主站的 MSG 指令

“该控制器（This Controller）”参数说明如下：

1）Channel：通道号。本例中设定0通道为Modbus主站。

2）Modbus Command：Modbus命令码。01代表读取线圈状态（0xxxx），02代表读取输入状态（1xxxx），03代表读取保持寄存器（4xxxx），04代表读取输入寄存器（3xxxx），05代表写入单个线圈（0xxxx），06代表写入单个寄存器（4xxxx），15代表写入多个线圈（0xxxx），16代表写入多个寄存器（4xxxx）。

3）Data Table Address：数据表地址。本地文件类型必须为Modbus命令的二进制（B）或整数（N）。启动线圈/输入位命令（01、02、05和15）的数据表地址需要一个位地址。启动寄存器命令的数据表地址（03、04、06和16）需要一个字地址。

4）Size in Elements：元素大小。元素大小的默认值为“1”。对于线圈/输入命令（01、02、05和15）来说，元素以位为单位。对寄存器（03、04、06和16）来说，元素以字为单位。

“目标设备参数（Target Device）”：参数说明如下：

1）Message Timeout：消息超时。消息超时指定以秒为单位。如果目标在时间范围内没有响应，消息指令就会产生一个具体的错误。可接受的时间数量应该以应用需求与网络容量/加载能力为基础。2s消息超时通常是足够的。如果设定为0，则取消消息超时。

2）MB Data Address：Modbus数据地址（十进制）。默认Modbus数据地址为1。范围为1~65536。

3）Slave Node Address：从站节点地址（十进制）。默认从站节点地址为1。读命令时，范围为1~247；写命令时，范围为0~247。0是Modbus广播地址，只对Modbus写入命令（05、06、15和16）有效。

2. Modbus RTU从站

由于控制器最多可配置256个数据表文件，因此线圈和触点文件在每个寄存器中最多包含4 096个线圈或触点。同样，每个输入寄存器和保持寄存器文件最多可以包含256个寄存器。勾选“扩展”（Expanded）复选框后，可以对控制器进行专门配置，可将最多6个256字数据表文件用于总共1 536个Modbus保持寄存器。

Modbus从站配置界面如图9-13所示。

配置界面中，大部分对话框的内容与前面所述内容一致，在此不再重复，仅对不同的内容加以说明。

1）Modbus Data Table File Numbers：Modbus数据文件表。可在此范围内输入Modbus数据表文件编号，选择“扩展”（Expansion）复选框来使用多个保持寄存器数据文件。控制器默认设置是一个数据文件（256个寄存器）。选择“扩展”（Expansion）复选框可以使用附加5个文件和1 280个保持寄存器。5个附加表无需单独定义，但按照第一个整数或位文件排序。例如，如果第一个文件是N10（或B10），则附加5个文件将为N11（或B11）、N12（或B12）、N13（或B13）、N14（或B14）和N15（或B15）。输入文件号后，会自动创建B或N类型的文件。如果选择了“扩展”复选框，在数据文件树中并不会显示附加的5个文件。

2）Coils（0XXXX）：线圈（离散输出。Modbus地址为0001~4096），输入范围为3~255，0表示没有文件。

3）Contacts（1XXXX）：触点（离散输入。Modbus地址为10001~14096），输入范围3

~255，0 表示没有文件。

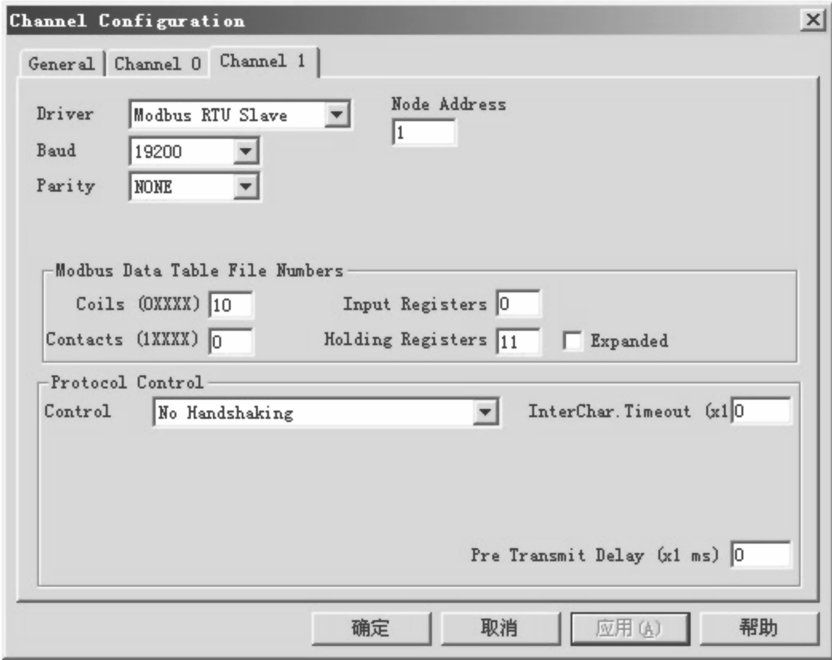


图 9-13 Modbus 从站配件界面

4）Input Registers（3XXXX）：输入寄存器（只读。Modbus 地址为 30001 ~30256），输入范围为 3 ~255，0 表示没有文件。

5）Holding Registers（4XXXX）：保持寄存器（读/写。Modbus 地址为 40001 ~40256），输入范围为 3 ~255，0 表示没有文件。

9.4 ASCII 协议

ASCII 驱动程序提供与其他 ASCII 设备的连接，如条形码阅读器、称重仪、串行打印机和其他智能设备。可以将 RS232 端口、通道 0 配置成 ASCII 驱动程序，以便使用 ASCII。

在配置 ASCII 时，所有接收到的数据将放在缓冲区中，使用梯形图程序中的 ASCII 指令来访问数据。也可以将 ASCII 字符串数据发送给具有接受 ASCII 数据/字符功能的设备。

只有通道被配置成 ASCII 协议时，ASCII 指令才可被使用。如果使用了消息指令 MSG，则会发生错误。

ASCII 配置界面如图 9-14 所示。

图 9-14 中各参数说明如下：

1）Termination 1：终端 1。指定第一个终端字符。该终端字符定义用于指定接收的 ASCII 行结尾的一个或两个字符序列。将第一个 ASCII 终端字符设置为未定义(\ff)，指示没有使用 ASCII 接收器线路终端。

2）Termination 2：终端 2。指定第二个终端字符。该终端字符定义用于指定接收的 ASCII 行结尾的一个或两个字符序列。将第二个 ASCII 终端字符设置为未定义(\ff)并将第一

个 ASCII 终端字符设置为已定义的值(\d)指示单个字符终端序列。

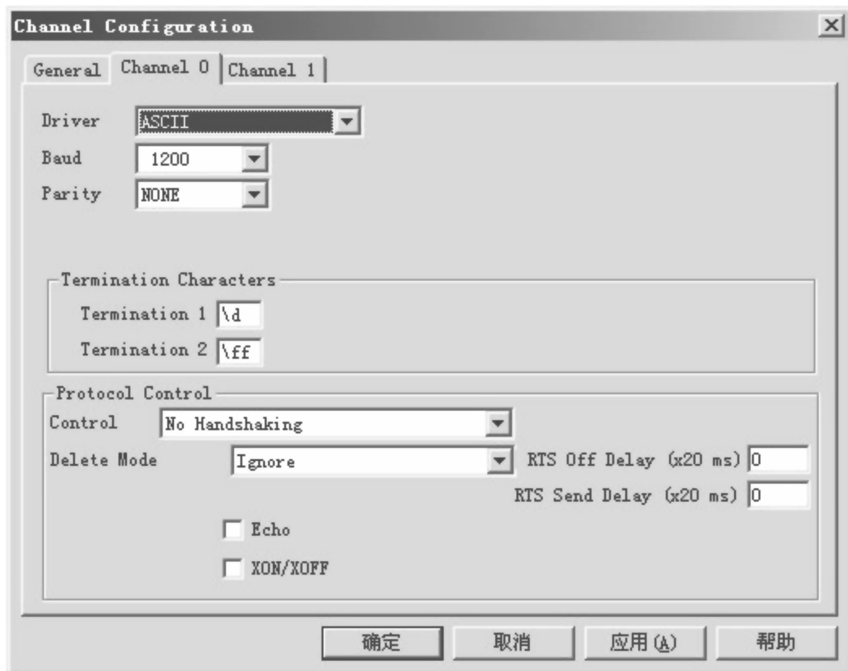


图 9-14　ASCII 配置界面

3）Delete Mode：删除模式。删除模式用于选择“删除”字符的模式。在忽略、CRT 和打印机之间切换。

删除模式影响回显到远程设备的字符。在启用删除模式时，将上一个字符从接收缓冲区中删除。

在 CRT 模式中，当遇到删除的字符时，控制器会将下面 3 个字符回显到设备：退格、空格和退格，这会在终端上删除上一个字符。

在打印机模式中，当遇到删除的字符时，控制器会回显正斜杠字符，然后回显删除的字符。

启用回显参数以使用删除模式。

4）Ecoh：回显。在启用回显模式时，接收到的所有字符将被回显到远程设备。这可以在与控制器连接的终端上查看字符。

5）XON/XOFF。允许启用或禁用 XON/XOFF 协议握手。XON/XOFF 协议握手包含 ASCII 字符集中的 XON 和 XOFF 控制字符。

“X”表示发送器，X/ON 和 X/OFF 为开启和关闭发送器的信号。XON/XOFF（继续/停止）是异步串行连接的计算机和其他元件之间的数据流控制协议。

例如，计算机向打印机发送数据的速度通常快于打印机打印的速度，打印机中包含一个缓冲器，用来存储数据，使打印机能够跟得上计算机。当接收缓冲区超过 80% 的全部容量时，接收端将发送 XOFF 字符到远程设备以暂停传输；当打印机打印完相当多的数据后，接收缓冲区下降低于 80% 的全部容量时，将发送 XON 字符到远程设备以继续传输或者是接收器在 60s 后没有接收到 XON 字符，发送器将自动继续发送字符。

第 10 章　上位组态软件 RSView32 简介

RSView32 是罗克韦尔自动化公司开发的基于组件的用于监视与控制自动化设备和过程的人机界面软件。RSView32 通过开放的技术达到与罗克韦尔自动化软件产品、微软产品和其他应用软件间空前的兼容性。

RSView32 具有的功能有：

1）流程图监控功能。

2）实时趋势监视功能。

3）参数操作、调整功能。

4）报警管理功能。

5）历史数据管理功能。

6）报表功能。

7）生产指标综合评价功能。

8）预报功能。

9）优化过程指导功能。

10.1　RSView32 项目的建立

1. OPC 服务器的建立

RSView32 可以使用直接驱动器连接与大部分 A-B 品牌设备通信，如 MicroLogix1500 控制器，直接驱动器在 RSLinx 中建立。

运行“RSLinx Classic”，在“Communication”菜单下的“Configure Drivers”命令中建立一个“RS-232 DF1 devices”驱动，并完成配置。然后运行 DDE/OPC 菜单下的“Topic Configuration”命令，在左侧的“Topic List”中建立一个“Topic”，取名为 QQ，并在右侧的数据源窗口中单击处理器模块，制定与 QQ 相互通信的处理器，然后选择应用。这样，一个 OPC 服务器就建立好了，如图 10-1 所示。

2. RSView32 通信组态

RSView32 的通信组态主要是设置通道（Channel）和节点（Node）。设置通道的目的就是设置 RSView32 与相应处理器连接的方式、网络类型等；设置节点就是设置处理器的地址、类型等。通过设置通道和节点来确定 RSView32 具体和网络中的哪台处理器相连接。

（1）通道的设定

运行“RSView32 Works”，新建一个项目，输入项目名称和保存位置后，创建了一个新的项目。在“Edit Mode”下，双击“System”下的“Channel”，定义具体的网络类型，即 RSView32 访问 PLC 的通信路径，如图 10-2 所示。

（2）节点的设定

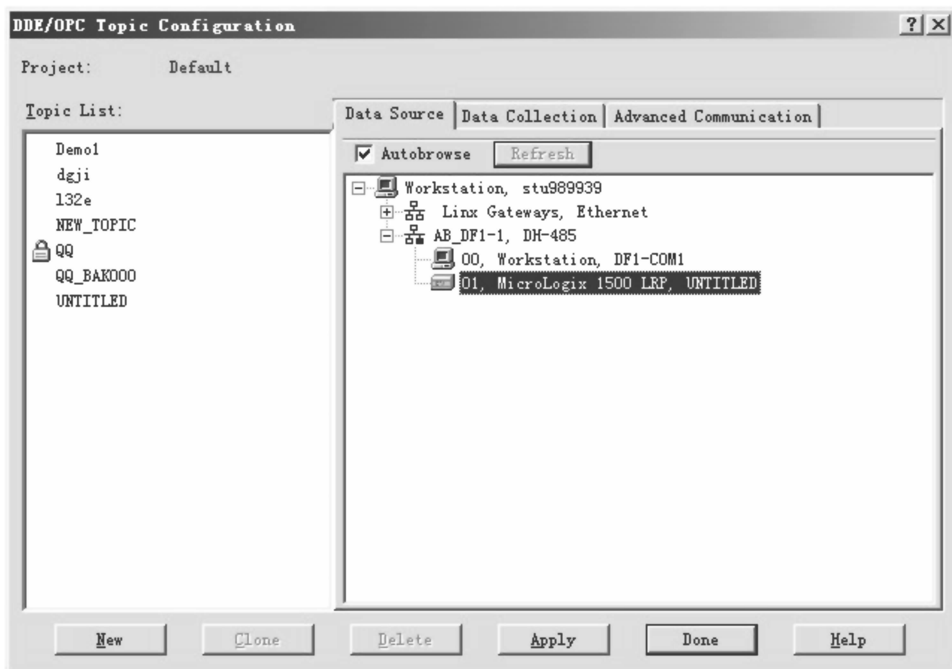


图 10-1　OPC 通信的建立

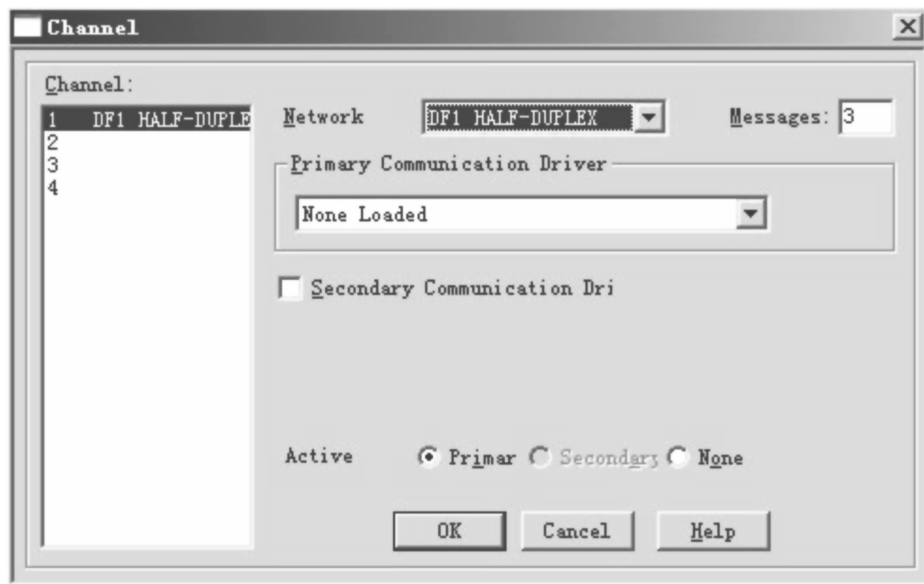


图 10-2　通道的设定

双击“System”下的“Node”，进入节点配置界面。该界面配置的目的是建立 PLC 与组态软件之间的连接，如图 10-3 所示。

图 10-3 中各参数说明如下：

1）Data Source：数据源。数据源中定义了数据交换方式。

①Direct Driver。直接连接，适用于早期的 A-B 品牌产品，可以不使用 RSLinx。

②OPC Server。用于过程控制的嵌入连接对象，通过 RSLinx 作为 OPC SERVER 进行通信、交换数据。

③DDE Server。动态数据交换。可与非 A-B 品牌产品进行连接、数据交换。也可与本机的其他应用软件如 Excel 等进行通信。

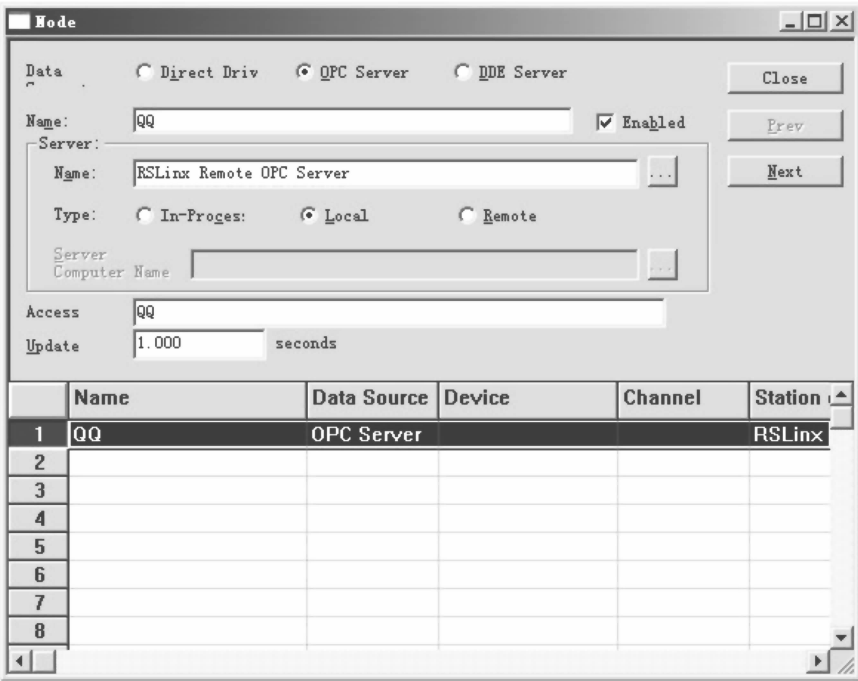


图 10-3　节点配置

2）Name：节点名。输入自定义的可编程序控制器、网络服务器或 Windows 程序名。节点名可有多达 40 个大/小写字母、数字和下划线，不能有空格。

3）Server：服务器。包含 Name 和 Type 两个内容。

Name-服务器名：单击服务器“名字”输入框旁边的浏览按钮“...”，并从已安装的服务器列表中选择一个服务器。

Type-服务器类型：选择 OPC 服务器类型。

In-Proces-“内部运行”：如果服务器是一个 . dll 文件。

Local-“本机”：如果服务器是一个 . exe 文件，且与 OPC 客户机运行在同一计算机上。

Remote-“远程”：如果服务器是一个 . exe 文件，且运行在网络上与 OPC 客户机相连的另一台计算机上。

4）Access：访问路径。输入在 RSLinx 中建立的 Topic 的名字。

5）Update Rate：更新速率。指定 OPC 服务器传送数据到 OPC 客户机的最大速率。默认值是 1s。OPC 服务器实际使用的速率可能比指定的速率慢。键入 0 指定服务器使用最快速率。

3. 建立数字量标签

在 MicroLogix1500 控制器运行一个程序，梯形图如图 10-4 所示。

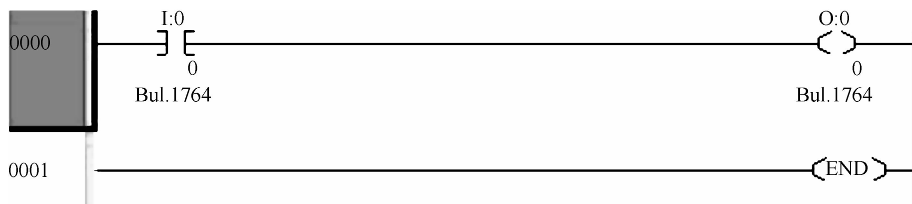


图 10-4　MicroLogix1500 控制器中运行的程序

在 RSView32 项目管理器的“System”（系统）文件夹中，单击“Tag Database”（标签数据库），打开“Tag Database”编辑器，也可在菜单栏中选择“Edit-New Folder”，在根目录下新建一个文件夹，用来定义标签变量，如图 10-5 所示。

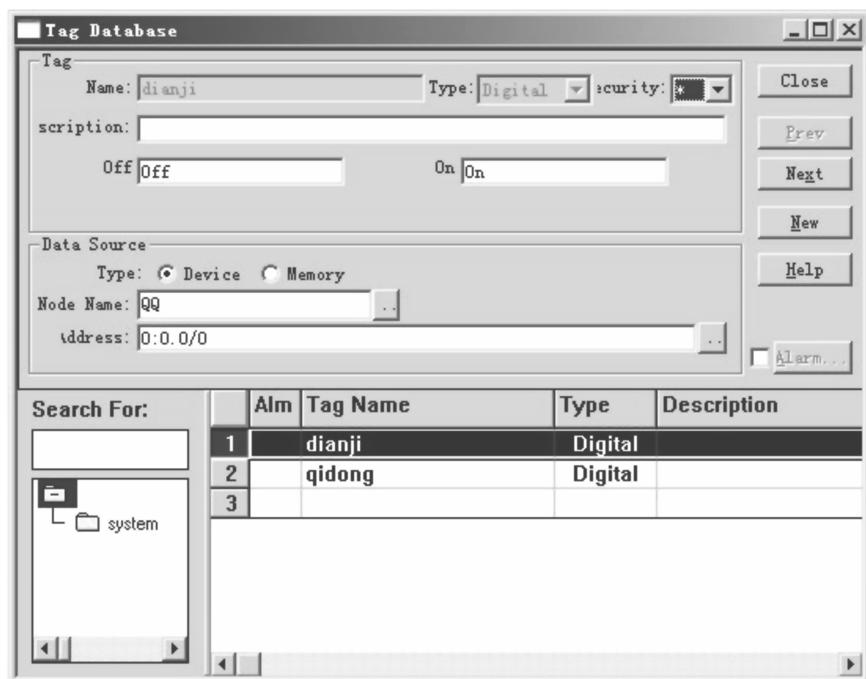


图 10-5　数字量标签的建立

定义 RSView32 中两个变量的名称分别为“qidong”和“dianji”，“Data Source”（数据源）选“Device”（设备），表示从 RSView32 的外部接收数据，数据来自于 PLC 驱动程序或服务器；“Node Name”（节点名）选择“QQ”；数据源地址分别输入 I：0.0/0 和 O：0.0/0。I：0.0/0 代表一个启动按钮，O：0.0/0 代表电机。

4. 标签监视器

“Tag Monitor”（标签监视器）中，可以完成对不同画面中变量的实时监视。

在编辑模式下，双击“标签监视器”图标，进行监视标签的定义。若要选择标签，标签监视器的窗体部分必须可见。如果不可见，则可单击查看菜单“View”下的“Form”（窗体），选择要监视的标签，如图 10-6 所示。

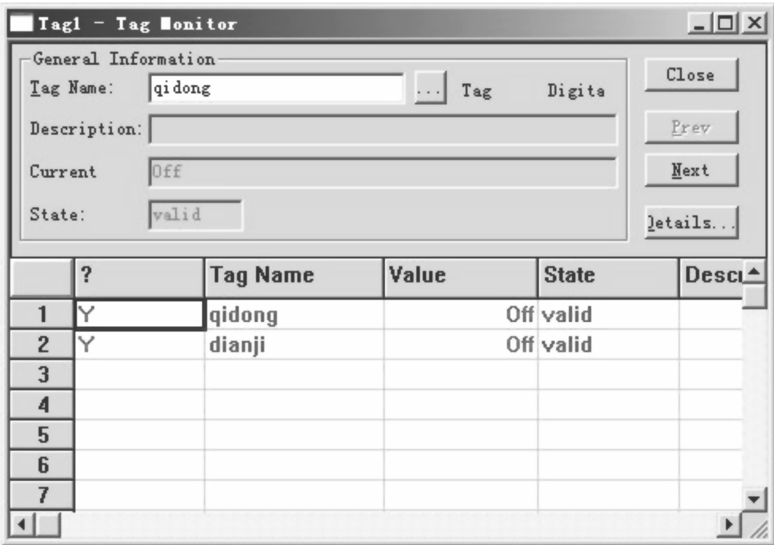


图 10-6　标签监视器

5. 设计画面

双击“Graphics”（图形）文件夹中“Display”（显示），打开图形显示编辑器，添加一个按钮和一个椭圆，用椭圆颜色的改变表示电机的运行与停止状态。

按钮属性的设定如图 10-7 所示。

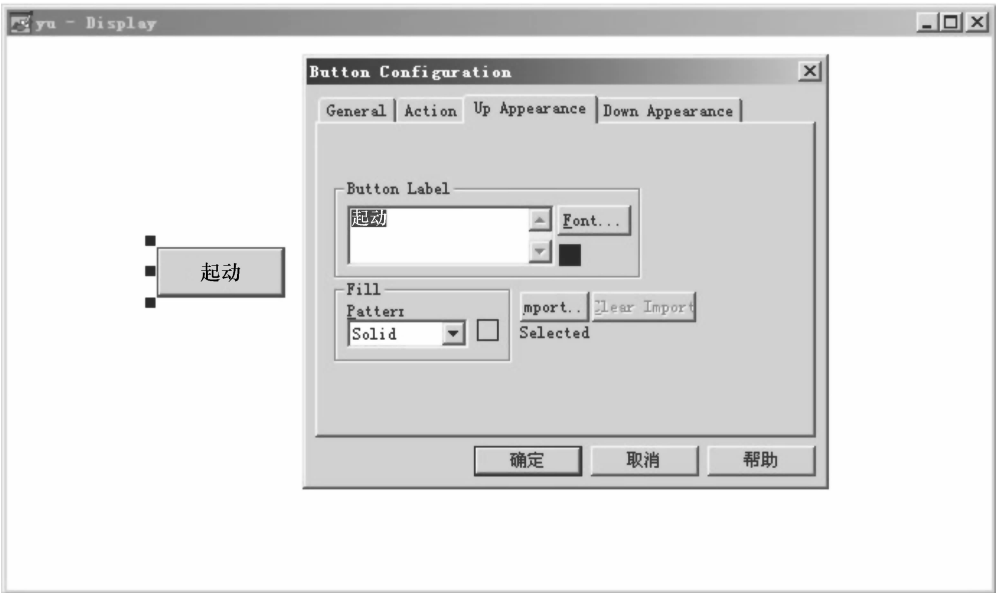


图 10-7　按钮属性的设定

按钮行为的设定如图 10-8 所示。选择“Toggle”，标签名称选“qidong”。



图 10-8　按钮行为的设定

椭圆颜色变化设定如图 10-9 所示。右键单击椭圆，选择“Amination”中的“Color”，进行椭圆动态效果的定义。

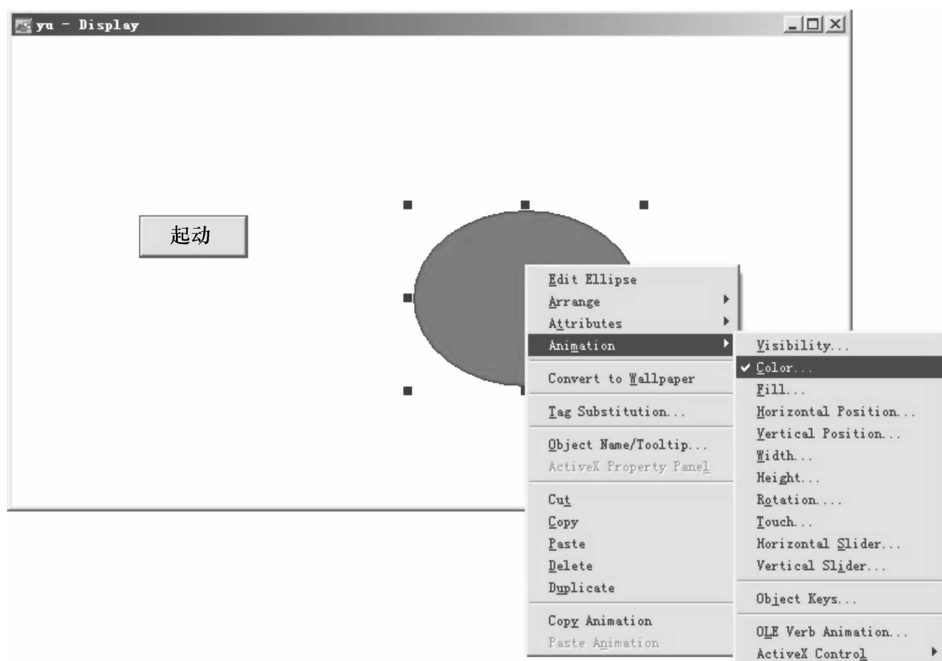


图 10-9　椭圆动态效果设定

在弹出的对话框中单击“Tags”按钮，选择变量“dianji”，如图 10-10 所示。

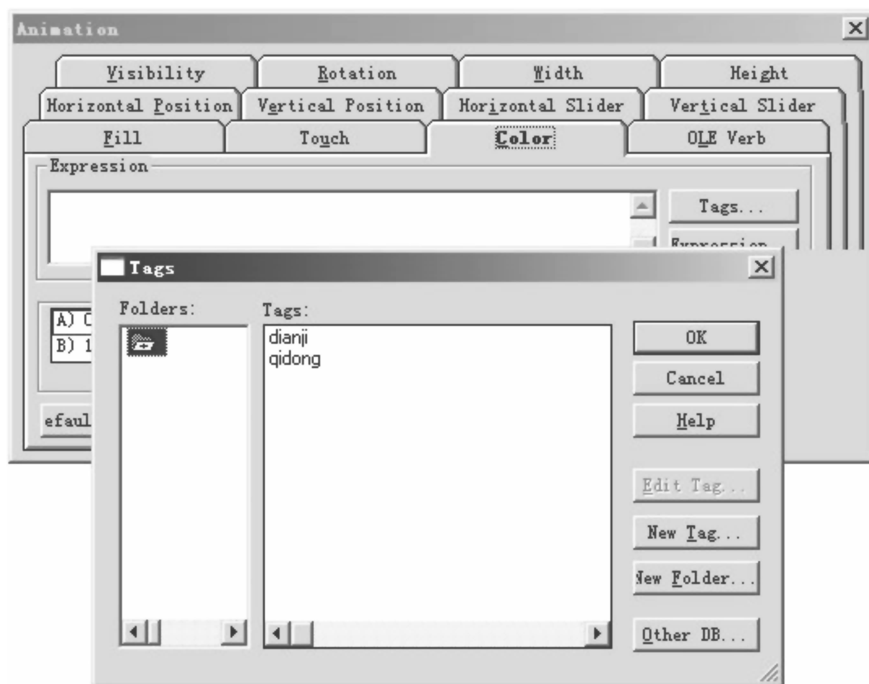


图 10-10　椭圆对应标签的选择

默认 O：0. 0/0 为 0 时，椭圆为红色；为 1 时，椭圆为绿色，单击“Apply”（应用）按钮，设定完成，在“Color”项的左侧出现对勾标志，如图 10-11 所示。

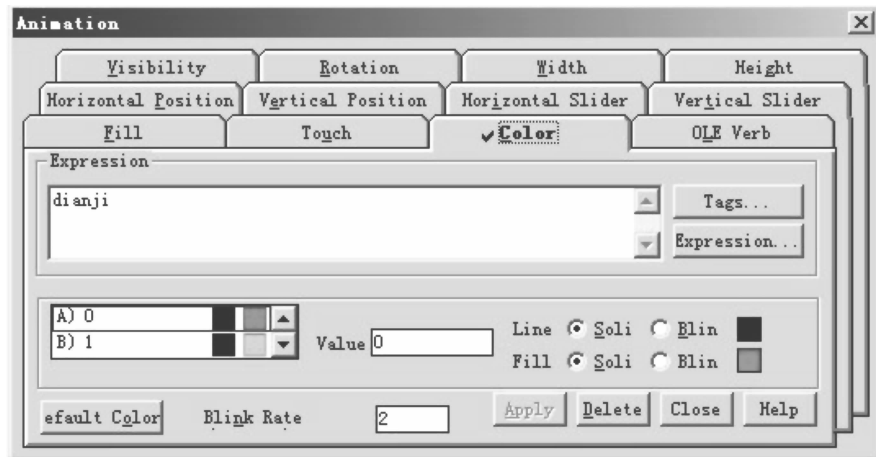


图 10-11　椭圆颜色变化的设定

6. 项目启动设置

在画面设计完成后，先保存，再设置启动画面。

双击项目管理器的系统文件夹中的“Startup”（启动），设置项目的启动属性。将画面“yu”设置为项目启动的初始画面，这样只要运行项目便会进入该画面，如图 10-12 所示。

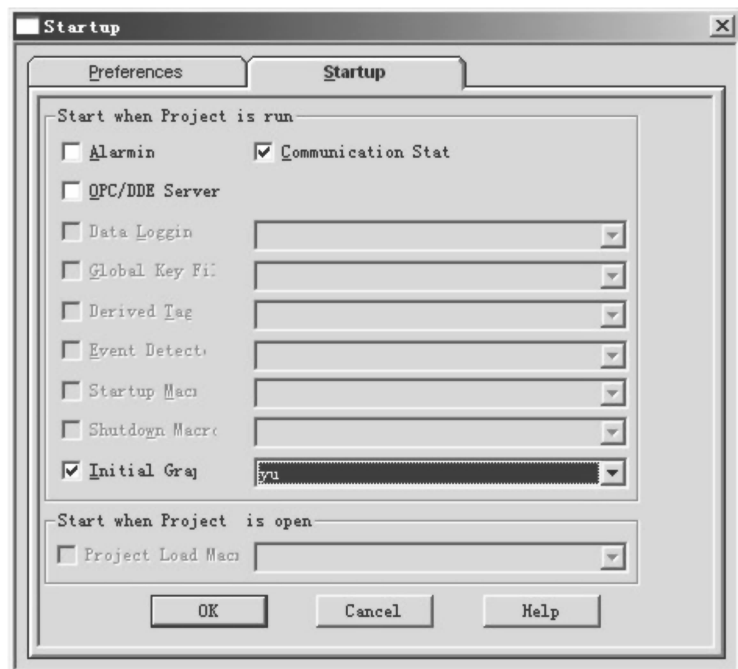


图 10-12　启动画面的设定

7. 运行项目

将项目切换到运行模式下，运行该项目。图 10-13 表示 I：0. 0/0 没有按下时的情况，椭圆的颜色是红色，图 10-14 表示 I：0. 0/0 被按下时的情况，椭圆的颜色是绿色。

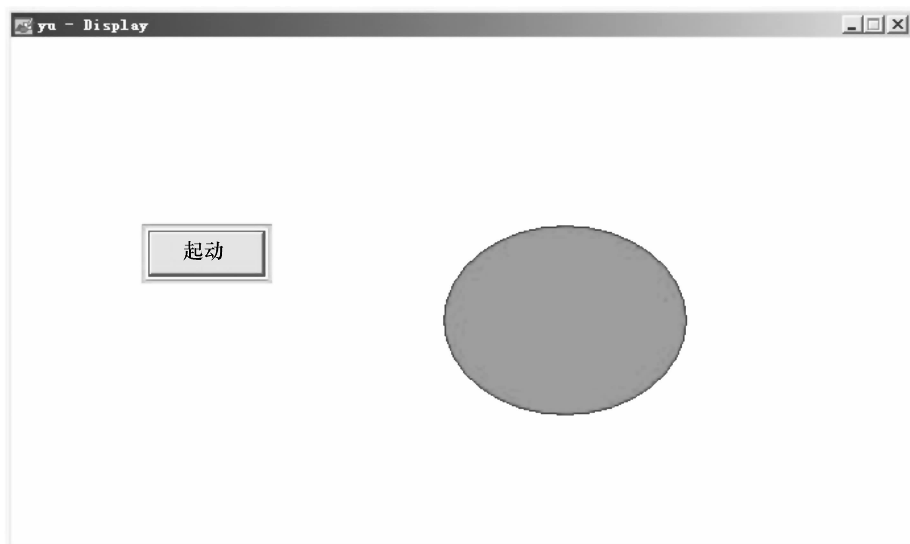


图 10-13　起动按钮没有按下时的组态画面

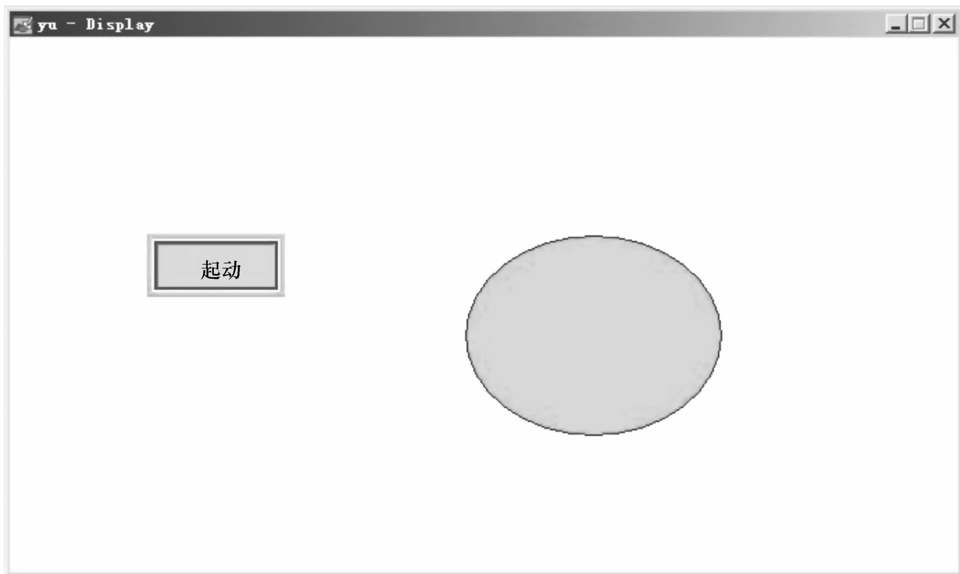


图 10-14 按下起动按钮时的组态画面

10.2 OPC 与 DDE 技术

OPC 与 DDE 技术的发展主要是为了解决不同设备生产厂家硬件产品的互联问题，以提高系统的稳定性和可靠性。它的出现，为自动化工程人员在开发系统时提供了统一的软件开发接口，为不同的自动化程序系统之间的无缝连接提供了可能。

1. OPC 技术

OPC 是过程控制 OLE（OLE for Process Control）的缩写，用于通过具体供应商的 OPC 服务器将 RSView32 连接到通信设备。RSView32 支持 OPC 1.0a 和 OPC 2.0 规范。

在 OPC 技术出现之前，对于设备供应商而言，需要付出大量精力来开发通信驱动程序以实现信息的传递。而在采用了 OPC 技术之后，供应商只需要把精力集中用于开发客户端应用程序。

OPC 的提出被定义为一种基于 OLE 技术的通信标准。OLE 技术由 Microsoft 提供，OPC 由 OPC Foundation 来开发和维护。OPC Foundation 是一个工业/制造公司的联盟，罗克韦尔自动化是其成员之一。该团体的宗旨是为工厂底层设备和客户端应用程序之间提供工业标准交换机制，消除客户应用程序供应商开发其专用通信驱动程序的需要。RSLinx Classic 是一个 OPC 兼容服务器，为 OPC 客户端应用程序提供所需接口，以访问与其他 OPC 兼容服务器一致的数据。RSLinx Classic 的附加优势是能够提供除 OPC 之外的多种 DDE 格式。

OPC 使客户端应用程序能以一致的方式访问工厂底层数据。OPC 的优点包括：

1）硬件制造商只需提供一套供客户在其应用程序中使用的软件组件。

2）软件开发商不需要因为新发布硬件的功能更改或新增功能而重写驱动程序。

3）客户拥有更多的选择来开发一流的集成制造系统。

通过使用 OPC，可以简单地将不同计算环境中的系统集成到一起，也可以利用 OLE/COM 环境。

OPC 采用 Client/Server 模式。OPC 服务器是数据源的提供者，数据源可以是 PLC、DCS、条形码读取器等控制设备。由于控制系统的构成不同，作为数据源的 OPC 服务器既可以是和 OPC 应用程序在同一台计算机上运行的本地 OPC 服务器，也可以是在另外的计算机上运行的远程 OPC 服务器。OPC 客户是数据的使用者，它按照 OPC 接口规范从 OPC 服务器获取所需要的数据。

OPC 服务器可用于将 RSView32 站（OPC 客户端）连接到：

1）通信设备，使用 RSLinx 作为 OPC 服务器。

2）第三方通信设备，使用具体供应商或第三方（例如 KEPServerEnterprise，Siemens 或 Modicon）OPC 服务器。

3）在网络中充当远程 OPC 服务器的另一台 RSView32 站。通过将一台 RSView32 站点设置为另一台 RSView32 站的客户端，可以通过网络实现标记值的对等通信。

4）具有 OPC 服务器支持的第三方应用程序，该应用程序可位于本地计算机或网络上。

2. DDE 技术

动态数据交换（Dynamic Data Exchange，DDE），用于在第三方服务器等外部 DDE 服务器上将 RSView32 连接到通信设备。

动态数据交换是 Windows 操作系统内置的标准内部应用程序通信协议，在 Windows 下运行的许多应用程序都支持该协议。DDE 从一个应用程序中获取数据，然后将数据传递给另一个应用程序。支持 DDE 的 Windows 程序可以互相交换数据。

DDE 服务器是一个能访问数据并将数据提供给其他 Windows 程序的程序，DDE 客户端是一个能从服务器获取数据的程序。通过指定应用程序、主题和项目，客户端应用程序能与服务器应用程序交换数据。客户机应用程序向当前所激活的服务器应用程序发送一条消息请求信息，服务器应用程序根据该信息作出应答，从而实现两个程序之间的数据交换。DDE 也是基于 Windows 消息机制，DDE 消息传递采用 Client/Server 模式，客户（Client）是数据的请求和接收者，而服务器（Server）是数据的提供者。

DDE 的工作方式类似两个人之间的对话。人代表在 Windows 下运行的不同应用程序，共享的数据即谈话内容。RSLinx Classic 并不知道它正在接收的数据的类型，只知道 DDE 链接正在提供数据。例如，如果拥有从 RSLinx Classic 到 Excel 电子表格的 DDE 链接，但 Excel 并不知道用户在向电子表格发送计数器值，Excel 将其都视为数据。

例如，RSLinx Classic 是应用程序名，PLC5TOPIC1 是示例主题名，在这种情况下，C5：0. ACC 指 A-B 品牌 PLC-5 中的计数累加器。

并非所有在 Windows 下运行的应用程序都支持 DDE。购买与 RSLinx Classic 一起使用的应用程序前，请与应用程序的制造商进行确认。

DDE 服务器可用于将 RSView32 站（DDE 客户端）连接到：

1）Siemens 或 Modicon 等通信设备。

2）Excel 或 Visual Basic 等第三方 DDE 服务器。

附　　录

附录 A　S2:6 中故障信息代码

错误代码（十六进制）	报告信息	说　　明	故障级别	建议采用的措施
0001	NVRAM ERROR	默认的程序已经装入了控制器存储器中 此故障出现在 ●程序下载或从存储器模块装入时出现系统断电 ● RAM 完整性测试失败 ● FLASH 完整性测试失败（仅对于 MicroLogix1200）	非用户故障	●重新下载或传送程序 ●检查电池是否已连接 ●如果故障仍然存在，请与当地的 A-B 代理商联系
0002	UNEXPECTED RESET	●由于噪声干扰或内部硬件故障使控制器意外复位 ●默认的程序已经装入（仅对于 MicroLogix1500） ●保持数据丢失（仅对于 MicroLogix1200）	非用户故障	●检查接地是否连接，是否合理使用浪涌抑制器 ●检查电池是否已连接 ●如果故障仍然存在，请与当地的 A-B 代理商联系
0003	MEMORY MODULE USER PROGRAM IS CORRUPT	存储器模块故障。当转入运行模式时，也有可能出现此故障	非用户故障	●重新对存储器模块进行编程。如果错误仍然存在，则更换存储器模块
0004	MEMORY INTEGRITY ERROR	当控制器加电启动后，ROM 或 RAM 故障	非用户故障	●重启动电源，重新下载用户程序后，重新启动系统 ●正确接地并检查浪涌抑制器 ●如果故障仍然存在，请与当地的 A-B 代理商联系
0005	RETENTIVE DATA IS LOST（MicroLogix1200 Only）	保持数据丢失	可恢复故障	●故障仍然存在，请与当地的 A-B 代理商联系
0006	MEMORY MODULE HARDWARE FAULT	存储器模块硬件故障或存储器模块与 OS 不兼容	非用户故障	●升级 OS 至可以与存储器模块兼容 ●更换新的存储器模块
0007	MEMORY MODULE TRANSFER ERROR	存储器模块传送失败	非用户故障	●重新尝试传送。如果错误仍然存在，则更换存储器模块

（续）

错误代码（十六进制）	报告信息	说　明	故障级别	建议采用的措施
0008	FATAL INTERNAL SOFTWARE ERROR	产生了意外的软件错误	非用户故障	●重新启动系统电源，然后重新下载用户程序并重初始化必需的数据 ●启动用户系统 ●检查接地并使用浪涌抑制器 ●如果故障仍然存在，请与当地的 A-B 代理商联系
0009	FATAL INTERNAL HARDWARE ERROR	产生了意外的硬件错误	非用户故障	●重新启动系统电源，然后重新下载用户程序并初始化必需的数据 ●启动用户系统 ●检查正确接地并使用浪涌抑制器 ●如果故障仍然存在，请与当地的 A-B 代理商联系
000A	OS MISSING OR CORRUPT	用户程序需要的操作系统损坏或不存在	非用户故障	●使用控制刷新功能下载新的 OS ●有关 MicroLogix1500 控制器可以使用的操作系统的详情，请向当地的 A-B 代理商了解
000B	BASE HARDWARE FAULT	基座硬件出现故障或与 OS 不兼容	非用户故障	●使用控制刷新功能升级 OS 至可以与基座兼容 ●更换新的基座 ●有关 MicroLogix1500 控制器可以使用的操作系统的详情，请向当地的 A-B 代理商了解
0011	EXECUTABLE FILE 2 IS MISSING	梯形图文件 2 丢失	非用户故障	●重新编译并下载程序
0012	LADDER PROGRAM ERROR	梯形程序存在存储器完整性问题	非用户故障	●重新装入程序或重新编译程序后装入。如果错误仍然存在，则应确保使用 RSI 编程软件来开发和装入程序 ●查看正确接地及合理使用浪涌抑制器
0015	I/O CONFIGURATION FILE ERROR	用户程序 I/O 设置错误	非用户故障	●重新装入程序或重新编译程序后装入。如果错误仍然存在，则应确保使用 RSI 编程软件来开发和装入程序

（续）

错误代码（十六进制）	报告信息	说　明	故障级别	建议采用的措施
0016	STARTUP PROTECTION FAULT	系统加电启动后，用户故障处理程序在主梯形程序之前执行。用户故障处理程序完成后没有清除 S:1/13（严重错误停止位）。用户故障处理程序被执行的原因是系统加电启动时，S：1/9 被置位	可恢复故障	● 如果应用中需要这样做时，可以复位 S：1/9，并将模式转回 RUN，或者在用户故障处理程序结束之前清除严重错误停止位 S:1/13
0017	NVRAM/MEMORY MODULE USER PROGRAM MISMATCH	位 S:2/9 在控制器中被置位，存储器模块中的用户程序与控制器的用户程序不匹配	不可恢复故障	● 传送存储器模块程序至控制器，然后转入运行模式
0018	MEMORY MODULE USER PROGRAM INCOMPATIBLE WITH OS	存储器模块的用户程序与 OS 不兼容	非用户故障	● 使用控制刷新功能升级 OS 至可以与存储器模块兼容 ● 更换新的存储器模块 ● 有关 MicroLogix1500 控制器可以使用的操作系统的详情，请向当地的 A-B 代理商了解
001A	USER PROGRAM INCOMPATIBLE WITH OS AT POWER-UP	控制器中的用户程序与 OS 不兼容	非用户故障	● 使用控制刷新功能升级 OS 至可以与控制器中的用户程序兼容 ● 有关 MicroLogix1500 控制器可以使用的操作系统的详情，请向当地的 A-B 代理商了解
0020	MINOR ERROR AT END OF SCAN DETECTED	在扫描结束时次要故障位 S:5（位 0 ~ 7）被置位	可恢复故障	● 改正导致错误的逻辑指令 ● 在用户编程软件中打开状态文件并清除故障 ● 进入运行模式
0021	EXPANSION POWER FAIL（EPF）（MicroLogix1500 Only）	扩展 I/O 模块电源错误	非用户故障	● 这个一个可自我恢复的错误。当 MicroLogix1200 或 MicroLogix1500 连接到总线上时，可能出现该错误 ● 给扩展 I/O 模块再次加电 ● 将模式开关从 Program 拨到 Run ● 如果错误依旧，请联系当地的 A-B 代理商
0022	WATCHDOG TIMER EXPIRED SEE S:3	程序扫描时间超过了看门狗定时值（S:3H）	不可恢复故障	● 确定程序是否闭环运行并改正此问题 ● 增加状态文件中看门狗的超时限制值

（续）

错误代码（十六进制）	报告信息	说明	故障级别	建议采用的措施
0023	STI ERROR	STI 设置中出现错误	可恢复故障	● 具体错误参阅 STI 功能文件中的错误代码
0028	INVAILD OR NONEXISTENT USER FAULT ROUTINE VALUE	● 故障处理程序代码输入了状态文件（S:29）中，但故障处理程序代码不是物理产生的 ● 故障处理程序代码小于 3 或大于 255	非用户故障	● 在 S:29 中输入清除故障处理程序号 ● 参考状态文件中（S:29）的文件号，创建故障处理程序。文件号必须大于 2 且小于 256
0029	INSTRUCTION INDIRECTION OUTSIDE OF DATA SPACE	梯形程序中的间接地址参数在数据文件空间之外	可恢复故障	● 修改程序确保无数据文件空间之外的间接地址参数 ● 重新编译程序并装入后，进入运行模式
002E	EII ERROR	EII 设置出现错误	可恢复故障	● 具体错误参阅 EII 功能文件中的错误代码
0030	SUBROUTINE NESTING EXCEEDS LIMIT	JSR 指令的嵌套级超过了控制器的存储空间	非用户故障	● 修改程序以减少使用的嵌套级并使其符合 JSR 指令的限制。然后重新装入程序，进入运行模式
0031	UNSUPPORTED INSTRUCTION DETECTED	程序中包含了控制器不支持的指令	非用户故障	● 修改程序确保控制器支持程序中所有的指令 ● 重新编译程序并装入后，进入运行模式
0032	SQO/SQC/QOL OUTSIDE OF DATA FILE SPACE	指令的长度/位置参数超过了控制器的存储空间	可恢复故障	● 修改程序，确保长度和位置参数不会落在数据空间之外 ● 重新编译程序并装入后，进入运行模式
0033	BSL/BSR/FFL/FFU /LFL/LFU CROSSED DATA FILE DATA	BSL、BSR、FFL、FFU、LFL 或 LFU 指令的长度/位置参数超过了控制器的存储空间	可恢复故障	● 修改程序，确保长度和位置参数不会落在数据空间之外 ● 重新编译程序并装入后，进入运行模式
0034	NEGATIVE VALUE IN TIMER PRESET OR ACCUMULATOR	计时器或计数器置入了负值	可恢复故障	● 如果程序需要向计数器或计时器输入值时，应确保这些值为非负 ● 重新装入程序，然后进入运行模式
0035	ILLEGAL INSTRUCTION IN INTERRUPT FILE	中断服务子程序（STI、E11、HSC）或用户故障处理程序中包含有暂停（TND）、刷新（REF）或服务通信指令	不可恢复故障	● 修改程序 ● 重新编译程序并装入后，进入运行模式

（续）

错误代码（十六进制）	报告信息	说　　明	故障级别	建议采用的措施
0036	INVALID PID PARAMETER	PID 指令参数中使用了非法值	可恢复故障	● PID 指令的详细，请参阅过程控制指令部分内容
0037	HSC ERROR	HSC 设置中出现错误	可恢复故障	● 具体错误参阅 HSC 功能文件中的错误代码
003B	PTO ERROR	PTO 指令设置中出现错误	可恢复故障或非用户故障	● 具体错误参阅 PTO 功能文件中的错误代码
003C	PWM ERROR	PWM 指令设置中出现错误	可恢复故障或非用户故障	● 具体错误参阅 PWM 功能文件中的错误代码
003D	INVALID SEQUENCER LENGTH/POSITION	序列器指令（SQO、SEC、SQL）的长度/位置参数大于 255	可恢复故障	● 修改用户程序，重新编译程序并装入后，进入运行模式
003E	INVAILID BIT SHIFT OR LIFO/FIFO PARAMETER	BSR 或 BSL 指令的长度参数大于 2 048 或者是 FFU、FFL、LFU、LFL 指令的长度参数大于 128（字文件）或大于 64（双字文件）	可恢复故障	● 修改用户程序并使用存储器图表分配更多的数据文件空间，然后重新装入，并进入运行模式
003F	COP/CPW/FLL OUTSIDE OF DATA FILE SPACE	COP、CPW 或 FLL 指令的长度参数在数据空间之外	可恢复故障	● 修改程序，确保长度和位置参数不会落在数据空间之外 ● 重新编译程序并装入后，进入运行模式
0042	INVALID RECIPE NUMBER	数据监视器中定义的变量号大于 256	可恢复故障	● 修改变量号 ● 重新编译程序，下载并运行
0044	INVALID WRITE TO RTC FUNCTION FILE	写 RTC 功能文件无效。当写一个无效数据到 RTC 文件时发生该错误。如设置 2 月份的第 30 天	可恢复故障	● 修改错误的数据 ● 重新编译程序，下载并运行
0050	CONTROLLER TYPE MISMATCH	用户程序设置中选择了特殊的控制器类型，与实际控制器的类型不匹配	非用户故障	● 修改控制器基座类型 ● 重新设置程序使其与实际的控制器类型匹配
0051	BASE TYPE MISMATCH	用户程序设置了特殊的基座类型（AWA、BWA、BXB），与实际基座的类型不匹配	非用户故障	● 修改基座类型 ● 重新设置程序使其与实际的控制器类型匹配
0052	MINIMUM SERIES ERROR	用户程序中选择的基座最小系列号比实际基座的系列号大	非用户故障	● 修改基座类型 ● 重新设置程序使其与实际的控制器类型匹配

（续）

错误代码（十六进制）	报告信息	说　明	故障级别	建议采用的措施
0070	EXPANSION I/O TERMINATOR REMOVED (MicroLogix1500 Only)	必须使用的扩展 I/O 终端器被拆除	不可恢复故障	●检查最后一个 I/O 模块的扩展 I/O 终端器 ●重新启动电源
XX71	EXPANSION I/O HARDWARE ERROR	控制器不能与扩展 I/O 模块通信	不可恢复故障	●检查连线 ●检查是否存在噪声问题，并确认接地良好 ●更换模块
XX79	EXPANSION I/O MODULE ERROR	扩展 I/O 模块发生错误	不可恢复故障	●参考 I/O 状态文件（IOS） ●参考 1769 文档中有关该模块的内容，确定可能造成模块出错的原因
0080	EXPANSION I/O TERMINATOR REMOVED (MicroLogix1500 Only)	必须使用的扩展 I/O 端终端器被拆除	非用户故障	●检查最后一个模块的扩展 I/O 端终端器 ●重新启动电源
XX81	EXPANSION I/O HARDWARE ERROR	控制器不能与扩展 I/O 模块通信	非用户故障	●检查连线 ●检查是否存在噪声问题，并确认接地良好 ●更换模块
0083	MAX I/O CABLES EXCEEDED	超过了扩展 I/O 模块允许的最大电缆数目	非用户故障	●重新设置扩展 I/O 系统使其电缆数目在允许范围内 ●重新启动电源
0084	MAX I/O POWER SUPPLIES EXCEEDED	超过了扩展 I/O 模块允许的最大电源数	非用户故障	●重新设置扩展 I/O 系统使其电源数目在允许范围内
0085	MAX I/O MODULES EXCEEDED	超过了允许的扩展 I/O 模块最大数目	非用户故障	●重新设置扩展 I/O 系统使其模块数目在允许范围内 ●重新启动电源
XX86	EXPANSION I/O BAUD RATE ERROR	扩展 I/O 模块不能以用户程序 I/O 设置中设定的波特率进行通信	非用户故障	●在用户程序的 I/O 设置中更改波特率，然后重新编译程序并装入后，进入运行模式 ●更换模块 ●重新启动电源
XX87	I/O CONFIGURATION MISMATCH	●用户程序中扩展 I/O 的配置与实际配置不匹配 ●用户程序中扩展 I/O 的配置设定了一个实际不存在的模块 ●扩展 I/O 模块设置的数据空间比模块的实际容量大	非用户故障	●修改用户程序中 I/O 的配置使其与实际配置匹配 ●关闭电源，修改实际的 I/O 配置使其与用户程序的配置匹配

（续）

错误代码（十六进制）	报告信息	说明	故障级别	建议采用的措施
XX88	EXPANSION I/O MODULE CONFIGURATION ERROR	用户程序中设定的输入或输出映象字的数目超过了扩展 I/O 模块的映像区容量	非用户故障	● 修改用户程序的 I/O 设置，减少输入或输出字的数目，然后重新编译程序并装入后，进入运行模式
XX89	EXPANSION I/O MODULE ERROR	扩展 I/O 模块发生错误	非用户故障	● 参考 I/O 状态文件 ● 参考 1769 文档中有关该模块的内容，确定可能造成模块出错的原因
XX8A	EXPANSION I/O CABLE CONFIGURATION MISMATCH ERROR	● 用户程序中设置了扩展 I/O 电缆，但实际上电缆不存在 ● 用户程序中设置了实际存在的扩展 I/O 电缆，但电缆类型不匹配	非用户故障	● 在用户程序的设置中删除不存在的电缆 ● 重新编译程序并装入后，进入运行模式 ● 添加缺少的电缆 ● 重新启动电源
XX8B	EXPANSION I/O POWER SUPPLY CONFIGURATION MISMATCH ERROR	● 用户程序中设置了扩展 I/O 电源，但实际上电源不存在 ● 用户程序中设置了实际存在的扩展 I/O 电源，但电源类型不匹配	非用户故障	● 在用户程序设置中去除不存在的电源 ● 重新编译程序并装入后，进入运行模式。 ● 系统断电并添加缺少的电源
XX8C	EXPANSION OBJECT TYPE MISMATCH	用户程序的 I/O 设置的扩展 I/O 部件（如电缆，电源或模块）的类型与实际的类型不匹配	非用户故障	● 修改用户程序中 I/O 的配置使部件的类型与实际配置匹配，然后重新编译程序并装入后，进入运行模式 ● 修改实际配置使其与用户程序的 I/O 配置相匹配 ● 重新启动电源
Ox1F39	INVALID STRING LENGTH（Applies to MicroLogix1500 1764-LSP Series B and 1764-LRP Processors）	字符串数据的第一个字母为负号、零或者数值大于 82	可恢复故障	● 修改字符串数据的第一个字母

注：表中的 XX 表示模块的编号。如果 XX = 0，则出现故障时不能追查到某个具体的模块。

附录 B　MicroLogix1500 控制器状态字

系统状态文件用于监视控制器的工作情况，用户可以利用它引导控制器的工作。这些工作的完成需要使用状态文件设置控制位，并用其监视硬件和编程设备的故障及其他状态信

息。程序设计人员最好不要向状态文件中的保留字节写入数据。若有必要向状态文件中写入数据，必须首先了解其详细功能。

状态文件（S：）的内容见表 B-1。

表 B-1　状态文件的内容

地　址	内　容	地　址	内　容
S:0	算术标志位	S:35	当前扫描时间(单位 100μs)
S:1	控制器模式	S:36/10	数据文件写保护失效
S:2	控制器备用模式	S:37	RTC 年
S:3H	看门狗扫描时间	S:38	RTC 月
S:4	自由运行周期	S:39	RTC 日
S:5	次要错误	S:40	RTC 时
S:6	主要错误代码	S:41	RTC 分
S:7	挂起代码	S:42	RTC 秒
S:8	挂起文件	S:53	RTC 星期
S:9	有效节点通道 0(节点 0 ~ 15)	S:57	OS 目录号
S:10	有效节点通道 0(节点 16 ~ 31)	S:58	OS 序列号
S:13,S:14	运算寄存器	S:59	OS FRN
S:15L	节点地址	S:60	控制器目录号
S:15H	波特率	S:61	控制器序列号
S:22	最大扫描时间	S:62	控制器版本号
S:29	用户故障文件	S:63	用户程序功能类型
S:30	STI 设定值	S:64L	编译器版本-生成号
S:31	STI 文件号	S:64H	编译器版本-发布号
S:33	通道 0 通信		

B.1　算术标志位

算术标志位由处理器通过执行算术、逻辑或传送指令进行设置。算术标志位在执行下一个算术、逻辑或传送指令之前保持有效。

1. 进位位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:0/0	二进制	0 或 1	状态	读/写

当有算术进位或借位时，该位置位（1），否则该位保持清零状态（0）。当有 STI、高速计数器、事件中断或用户故障程序中断了用户程序的正常执行时，中断返回后 S：0/0 还原为原来的值。

2. 溢出标志位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:0/1	二进制	0 或 1	状态	读/写

当算术运算的结果和目标值不相符时，该位置位（1），否则该位保持清零状态（0）。该位置位（1）时，溢出陷阱位 S:5/0 也置位（1）。当有 STI、高速计数器、事件中断或用户故障程序中断了用户程序的正常执行时，在中断返回后 S:0/1 还原为原来的值。

3. 零标志位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:0/2	二进制	0 或 1	状态	读/写

当算术运算或数据处理指令的结果为零时，该位置位（1），否则该位保持清零状态（0）。当有 STI、高速计数器、事件中断或用户故障程序中断了用户程序的正常执行时，在中断返回后 S:0/2 还原为原来的值。

4. 符号位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:0/3	二进制	0 或 1	状态	读/写

当算术运算或数据处理指令的结果为负值时，该位置位（1），否则该位保持清零状态（0）。当有 STI、高速计数器、事件中断或用户故障程序中断了用户程序的正常执行时，在中断返回后 S:0/3 还原为原来的值。

B.2　控制器模式

1. 用户应用模式

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/0 ~ S:1/4	二进制	0 ~ 11110	状态	只读

位 0 ~ 4 的功能见表 B-2。

表 B-2　位 0 ~ 4 的功能

S:1/0 ~ S:1/4					模式 ID	控制器模式
S:1/4	S:1/3	S:1/2	S:1/1	S:1/0		
0	0	0	0	0	0	正在进行远程下载
0	0	0	0	1	1	远程编程模式
0	0	0	1	1	3	远程挂起模式（执行 SUS 指令使运行中断）
0	0	1	1	0	6	远程运行模式
0	0	1	1	1	7	远程测试连续模式
0	1	0	0	0	8	远程测试单次扫描模式
1	0	0	0	0	16	正在进行下载
1	0	0	0	1	17	编程模式
1	1	0	1	1	27	挂起模式（执行 SUS 指令使运行中断）
1	1	1	1	0	30	运行模式

2. 强制选通位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/5	二进制	1	状态	只读

该位被控制器置位（1）表示强制选通。

3. 强制装入位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/6	二进制	0 或 1	状态	只读

该位被控制器置位（1）表示 1 个或多个输入或输出被强制。当该位清 0 时表示在控制器中不存在强制的情况。

4. 加电忽略故障位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/8	二进制	0 或 1	控制	只读

该位置位（1）时，将使控制器在加电时清除主要错误中止位（S:1/13）。加电模式由控制位模式开关（仅限 MicroLogix1500 控制器）和加电模式状态选择位（S:1/12）决定。

5. 启动保护故障位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/9	二进制	0 或 1	控制	只读

当该位置位（1）并且控制器以运行或远程运行模式加电启动时，控制器在执行第一次用户程序扫描之前首先运行用户故障处理程序。要继续正常运行应将主要错误位 S:1/13 清 0。如果用户故障处理程序中没有将 S:1/13 清 0，则控制器进入故障状态，不会进入运行模式。用户故障处理程序应按上述逻辑进行编程。

运行启动保护故障处理程序时，S:6（主要错误代码）中的值为 0016H。

6. 在程序错误或正在使用默认程序的情况下装入储存器模块位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/10	二进制	0 或 1	控制	只读

该位的使用方法：用户在向储存器模块下载程序之前通过控制程序将该位置位（1）。该位在存储器模块中被置位（1）并系统加电的情况下，当控制程序错误或控制器中正在使用默认程序时，控制器将下载存储器模块程序。

控制器的存储器被清除后，控制器将装入默认程序。

传送结束后控制器的模式由控制器模式开关（仅限 MicroLogix1500 控制器）和加电模式状态选择位决定（S:1/12）。

7. 无条件装入储存器模块

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/11	二进制	0 或 1	控制	只读

该位的使用方法：用户在向储存器模块下载程序之前通过控制程序将该位置位（1）。该位在存储器模块中被置位（1）并系统加电的情况下，控制器将下载存储器模块程序。

传送结束后控制器的模式由控制器模式开关（仅限 MicroLogix1500 控制器）和加电模式状态选择位决定（S:1/12）。

8. 加电模式状态位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/12	二进制	0 或 1	控制	只读

如果加电模式状态位被清零（0 = 当前状态），则加电模式由下列因素决定：

1）模式开关的位置（仅对于 MicroLogix1500 控制器）。

2）主要错误中止标志位的状态（S:1/13）。

3）上一次断电时所处模式。

如果加电模式状态位被置位（1 = 运行），则加电模式由下列因素决定：

1）模式开关的位置（仅对于 MicroLogix1500 控制器）。

2）主要错误中止标志位的状态（S:1/13）。

如果希望控制器加电并进入运行模式，而忽略前面出现的故障，则应将忽略故障位（S：1/8）置位，使其在判断加电模式之前清除主要错误中止标志位。表 B-3 列出了在各种条件下的加电模式。

表 B-3 各种条件下的加电模式

MicroLogix1200	主要错误中止位	加电模式状态	上一次断电时所处模式	加电模式
远程	假	上次状态	远程下载，下载，远程编程，编程或一切测试模式	远程编程
			远程挂起或挂起	远程挂起
			远程运行或运行	远程运行
		运行	忽略	远程运行
	真	忽略	忽略	编程（带故障）
MicroLogix1500	主要错误中止位	加电模式状态	上一次断电时所处模式	加电模式
编程	假	忽略	忽略	编程
	真			编程（带故障）
远程	假	上次状态	远程下载，下载，远程编程，编程或一切测试模式	远程编程
			远程挂起或挂起	远程挂起
			远程运行或运行	远程运行
		运行	忽略	远程运行
	真	忽略	忽略	远程编程（带故障）
运行	假	上次状态	远程挂起或挂起	挂起
			除远程挂起或挂起外的任何模式	运行
		运行	忽略	运行
	真	忽略	忽略	运行（带故障）[1]

① 运行（带故障）是一故障状态，类似于控制器运行于编程（带故障）模式（输出复位且控制器程序停止运行）。然而，一旦主要错误中止标志位清零后控制器进入运行模式。

9. 主要错误中止位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/13	二进制	0 或 1	状态	读/写

控制器在出现主要错误时将该位置位（1）。控制器进入故障状态且字 S:6 置入故障代码，代码可以用于故障诊断。任何情况下只要 S:1/13 被置位，控制器将：

1）关闭所有的输出并使 FAULT LED 闪烁。

2）或者进入用户故障处理程序，允许控制程序从故障状态中恢复。若用户故障处理程序能够清除 S:1/13 及故障状态，控制器将继续运行控制程序。若故障不能排除，输出将清零且控制器退出运行状态，FAULT LED 闪烁。

若控制器模式开关处于运行位置时清除主要错误中止位（S:1/13），控制器将立即进入运行模式。

10. 将来存取位（OEM 锁定）

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/14	二进制	0 或 1	状态	只读

当该位置位（1）时，说明编程设备拥有完整的控制器程序复制文件。

11. 首次扫描位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:1/15	二进制	0 或 1	状态	读/写

当该位置位（1）时，说明正在进行用户程序的第一次扫描（随后进入执行模式）。第一次扫描结束后控制器将清除该位。

首次扫描位（S:1/15）在执行启动保护故障处理程序时设置。详情请参阅 S:1/9 的有关内容。

B.3　控制器备用模式

1. STI 等待位

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:2/0	二进制	0 或 1	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。该位内容同时也保存在 STI:0/UIP 中。详情请参阅“使用可选定时中断（STI）功能文件”。

2. STI 选通位

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:2/1	二进制	0 或 1	控制	读/写

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。该位内容同时也保存在 STI:0/TIE 中。详情请参阅“使用可选定时中断（STI）功能文件”。

3. STI 执行位

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:2/2	二进制	0 或 1	控制	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。该位内容同时也保存在 STI:0/UIX 中。详情请参“使用可选择定时中断（STI）功能文件”。

4. 储存器模块程序比较位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:2/9	二进制	0 或 1	控制	只读

当该位在控制器中置位（1）时，控制器的用户程序和储存器模块用户程序必须匹配才允许控制器进入运行模式。

如果用户程序与存储器模块程序不匹配，或如果储存器模块不存在，则当控制器企图进入运行模式时，将进入错误代码为 0017H 的故障状态。

RTC 模块不支持程序比较。如果程序比较位有效且只安装了 RTC 模块，控制器不能进入运行模式。

5. 运算溢出选择位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:2/14	二进制	0 或 1	控制	读/写

使用 32 位加减法时应将该位置位（1）。当 S:2/14 被置位时，ADD、SUB、MUL 或 DIV 指令的结果将不能置入目标地址中（当有下溢或上溢时），且满足：

1）溢出位 S:0/1 被置位。

2）溢出陷阱位 S:5/0 被置位。

3）目标地址置入运算结果以 16 位或 32 位截尾后得到的无符号数。

S:2/14 的默认状态是 0。当 S:2/14 被清 0 时，ADD、SUB、MUL 或 DIV 指令的结果将不能置入目标地址中（当有下溢或上溢时），且满足：

1）溢出位 S:0/1 被置位。

2）溢出陷阱位 S:5/0 被置位。

3）若运算结果为正值，目标地址置入 32767（字）或 2147483647（长字）；若运算结果为负值，目标地址置入 −32768（字）或 −2147483648（长字）。

为了避免选择位意外修改出现的问题，在地址 S:2/14 写入无条件 OTL 指令可以确保实行新的运算溢出操作。在地址 S：2/14 写入无条件 OTU 指令可以确保实行原来的运算溢出操作。

6. 看门狗扫描时间

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:3H	字节	2～255	控制	读/写

该字节的值为一个程序周期中允许出现的间隔时间次数，间隔时间为 10ms。定时精度为 −10～0ms。也就是说如果该字节置入 2，则超时限制时间为 10～20ms 之间的某个值。默认值为 10。

若程序扫描时间值等于看门狗扫描时间值，则会产生看门狗主要错误（故障代码 0022H）。

7. 自由运行周期

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:4	二进制	0～FFFF	状态	读/写

该寄存器中含有以每100μs递增的自由运行计数器。进入执行模式后该字清零（0）。

B.4 次要错误

1. 溢出陷阱位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:5/0	二进制	0或1	状态	读/写

若该位在执行END或TND指令时已经被置位（1），则产生主要错误（故障代码0020H）。为避免产生此类主要错误，应在运算指令（ADD、SUB、MUL、DIV、NEG、SCL、TOD或FRD）后检测该位状态，采取恰当的操作，然后对S:5/0执行OTU指令使S:5/0清0。

2. 控制寄存器错误位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:5/2	二进制	0或1	状态	读/写

LFU、LFL、FFU、FFL、BSL、BSR、SQO、SQC和SQL指令均可产生此错误。当S:5/2被置位（1）时，说明指令控制字的错误位已经被置位。

若该位在执行END或TND指令时已经被置位（1），则产生主要错误（故障代码0020H）。为避免产生此类主要错误，应在控制寄存器指令检测该位状态，采取恰当的操作，然后对S:5/2执行OTU指令使S:5/2清0。

3. 执行用户故障处理程序时的主要错误位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:5/3	二进制	0或1	状态	读/写

当该位置位（1）时，主要错误代码（S:6）表示在运行用户故障处理程序中因出现另一个主要错误引起的主要错误。

4. 存储器模块引导位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:5/8	二进制	0或1	状态	读/写

当该位被控制器置位时，说明存储器模块程序已经传送完毕，原因是附加存储器模块中的用户程序置位了S:1/10（在程序错误或使用默认程序的情况下装入储存器模块位）或S:1/11（无条件装入储存器模块位）。控制器不对该位清零（0）。

用户程序可以在首次扫描（使用S:1/15）进入执行模式时检测该位，以判断在启动后是否已经装入了储存器模块中的用户程序。当用户应用中包含有保留数据且存储器模块中的S:1/10或S:1/11被置位时，获知该信息就相当有用。

5. 储存器模块密码失配位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:5/9	二进制	0或1	状态	读/写

系统启动后，若无条件装入位被置位，且控制器和储存器模块的密码失配，则储存器模块密码失配位置位（1）。

6. STI 失效位

地址[①]	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:5/10	二进制	0 或 1	状态	读/写

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在 STI:0/UIL 中。详情请参阅“使用可选择定时中断（STI）功能文件”。

7. 保持数据丢失（仅限于 MicroLogix1200 控制器）

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:5/11	二进制	0 或 1	状态	读/写

当保持数据丢失时，该位被置位（1）。控制器在上电时会验证保持数据，如果数据无效，控制器将置位该位。一旦 S:5/11 被置位，在 S:1/8 没有被置位的情况下，控制器进入执行模式时将会产生错误。

8. 处理器电池欠压位（仅限于 MicroLogix1500 控制器）

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:5/11	二进制	0 或 1	状态	只读

电池电压过低时，该位被置位（1）。

9. 输入滤波器选择修改位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:5/13	二进制	0 或 1	状态	读/写

当控制程序中的数字量输入滤波器选项与硬件不一致时，该位置位（1）。

10. ASCII 字符串处理错误位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:5/15	二进制	0 或 1	状态	只读

当一个无效的字符串长度发生时，该位被置位（1），同时在 S：6 中写入错误代码 1F39H。该位仅被应用于 MicroLogix1200/1500 控制器的 B 系列的控制器中。

11. 主要错误代码

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:6	字	0～FFFF	状态	读/写

该寄存器指示用于确定故障原因的代码。

12. 挂起代码

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:7	字	−32 768～32 767	状态	读/写

当控制器执行挂起指令（SUS）时，SUS 代码写入本地址 S:7。它可用于指出应用中激活挂起模式的条件。控制器不清除该值。

检测系统故障时可以在启动调试程序时使用 SUS 指令，或用 SUS 指令进行实时诊断。

13. 挂起文件

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:8	字	0～255	状态	读/写

当控制器执行挂起指令（SUS）时，SUS 文件写入本地址 S:8。它可用于指出应用中激活挂起模式的条件。控制器不清除该值。

检测系统故障时可以在启动调试程序时使用 SUS 指令，或用 SUS 指令进行实时诊断。

14. 有效节点通道（节点 0～15）

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:9	字	0～FFFF	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在通信状态文件中（CSx:0.27）。

15. 有效节点通道（节点 16～31）

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:10	字	0～FFFF	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取。不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在通信状态文件中（CSx:0.28）。

16. 运算寄存器

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:13（低字节）	字	-32 768～32 767	状态	读/写
S:14（高字节）	字	-32 768～32 767	状态	读/写

这两个字与 MUL、DIV、FRD 和 TOD 算术运算指令联用。运算寄存器在运行这些指令时允许存取，并在用户程序执行下一个 MUL、DIV、FRD 和 TOD 指令之前保持有效。

17. 节点地址

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:15（低字节）	字节	0～255	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取。不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在通信状态文件中（CSx:0.5/0～CSx:0.5/7）。

18. 波特率

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:15（高字节）	字节	0～255	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取。不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在通信状态文件中（CSx:0.5/8 ~ CSx:0.5/15）。

19. 最大扫描时间

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:22	字	0 ~ 32 767	状态	读/写

该字说明了相邻程序周期之间的最大间隔时间。

每次扫描后，控制器将扫描时间值与 S:22 中的值比较。若控制器确定当前的扫描时间值比前一个扫描时间值大，则大的数存在 S:22 中。

最大扫描时间值的分辨率是 -100 ~ 0μs。例如，值为 9 表示 800 ~ 900μs 为最长的程序周期。

若需要确定用户程序的最长扫描周期可以查询该值。

20. 用户故障文件

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:29	字	0 ~ 255	状态	只读

该寄存器用作控制出现用户故障时应执行哪个子程序。

21. STI 设定值

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:30	字	0 ~ 65 535	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在 STI:0/SPM 中。详情请参阅“使用可选择定时中断（STI）功能文件”。

22. STI 文件号

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:31	字	0 ~ 65 535	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在 STI:0/PFN 中。详情请参阅“使用可选择定时中断（STI）功能文件”。

B.5 通道 0 通信

1. 等待进入命令位

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:33/0	二进制	0 或 1	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在通信状态文件的 CS0:4/0 中。

2. 信息等待响应位

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:33/1	二进制	0 或 1	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在通信状态文件的 CS0:4/1 中。

3. 退出等待信息命令位

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:33/2	二进制	0 或 1	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在通信状态文件的 CS0:4/2 中。

4. 通信模式选择位

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:33/3	二进制	0 或 1	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在通信状态文件的 CS0:4/3 中。

5. 通信有效位

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:33/4	二进制	0 或 1	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

该位内容同时也保存在通信状态文件的 CS0:4/4 中。

6. 扫描触发位

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:33/9	二进制	0 或 1	状态	读/写

控制器在每次扫描结束后改变该位的状态。一旦进入执行模式后该位复位。

7. 当前扫描时间（单位 100μs）

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:35	字	0 ~ 32 767	状态	读/写

该寄存器指示控制器当前程序周期已经消耗的时间（以 100μs 递增）。

8. 数据文件写保护失效

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:36/10	二进制	0 或 1	状态	读/写

该位清零（0）表示在上次控制器程序装入中，控制器的受保护数据文件没有被覆盖掉，或者是装入的程序中没有受保护的数据文件。

当该位置位（1）时，表示已经装入了默认的数据。

9. RTC 年

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:37	字	1 998 ~ 2 097	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取。不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

10. RTC 月

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:38	字	1～12	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

11. RTC 日

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:39	字	1～31	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

12. RTC 时

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:40	字	0～23	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

13. RTC 分

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:41	字	0～59	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

14. RTC 秒

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:42	字	0～59	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

15. RTC 星期

地址①	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:53	字	0～6	状态	只读

① 该位只能通过梯形逻辑存取，不能以通信的形式存取（例如从其他设备送出的信息指令）。

16. OS 目录号

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:57	字	0～32 767	状态	只读

该寄存器指示控制器中操作系统的目录号。

17. OS 序列号

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:58	ASCII	A～Z	状态	只读

该寄存器指示控制器中操作系统的序列字符。

18. OS FRN

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:59	字	0～32 767	状态	只读

该寄存器指示控制器中操作系统的 FRN。

19. 控制器目录号

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:60	ASCII	“A”~“ZZ”	状态	只读

该寄存器指示控制器中控制器的目录号。

20. 控制器序列号

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:61	ASCII	A~Z	状态	只读

该寄存器指示控制器中控制器的序列号。

21. 控制器版本号

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:62	字	0~32 767	状态	只读

该寄存器指示控制器中版本号。

22. 用户程序功能类型

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:63	字	0~32 767	状态	只读

该寄存器指示控制器中用户程序的功能级别。

23. 编译器版本-生成号

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:64(低字节)	字节	0~255	状态	只读

该寄存器指示生成控制器程序的编译器的生成号。

24. 编译器版本-发布号

地址	数据格式	取值范围	文件类型	用户程序存取方式
S:64(高字节)	字节	0~255	状态	只读

该寄存器指示生成控制器程序的编译器的发布号。

附录 C　高速脉冲输出 PTO 故障代码

故障代码	非用户故障	可恢复故障	指令故障	故障名称	说　明
-3	不是	是	是	没有定义加/减速脉冲数	当 ADI 被置位时，加/减速脉冲数没有定义
-2	是	不是	不是	重叠输出故障	检测到有重叠输出。同一个物理输出点安排了多个功能，这是组态错误。控制器故障和用户故障处理程序不会执行。例如：PTO0 和 PTO1 都想使用同一个输出点

（续）

故障代码	非用户故障	可恢复故障	指令故障	故障名称	说　　明
-1	是	不是	不是	输出故障	指定了一个无效的输出点。PTO 只能使用输出点 2 和 3。这是组态错误，控制器故障和用户故障处理程序不会执行
0				正常	正常，没有故障
1	不是	不是	是	急停故障	只要检测到“急停”，就产生此故障。此故障对控制器没有影响，当急停状态撤销后，此故障会自动被清零
2	不是	不是	是	强制输出故障	强制输出 PTO。要想 PTO 正常工作，这个强制必须被删除。此故障对控制器没有影响，当强制撤销后此故障会自动被清零
3	不是	是	不是	频率故障	实际输出频率（OFS）小于 0 或大于 20000。此故障会引起控制器故障，可通过梯级逻辑来调用用户故障处理程序清除此故障
4	不是	是	不是	加/减速故障	加/减速参数（ADP）小于 0 或大于 TOP（设定输出脉冲总数）的一半。此故障会引起控制器故障，可通过梯级逻辑来调用用户故障处理程序清除此故障
5	不是	不是	是	点动故障	PTO 处于空闲状态，且以下两位或更多位被置 1 ● EN（选通）位被置 1 ● JP（脉冲点动）位被置 1 ● JC（连续点动）位被置 1 此故障对控制器没有影响，当点动状态撤销后，此故障会自动被清零
6	不是	是	不是	点动频率故障	点动频率（JF）小于 0 或大于 20000。此故障会引起控制器故障，可通过梯级逻辑来调用用户故障处理程序清除此故障
7	不是	是	不是	输出长度故障	脉冲输出总数（TOP）小于 0。此故障会引起控制器故障，可通过梯级逻辑来调用用户故障处理程序清除此故障

附录 D　PWM 故障代码

故障代码	非用户故障	可恢复故障	指令故障	故障名称	说　　明
-2	是	不是	不是	重叠输出故障	检测到有重叠输出。同一个物理输出点安排了多个功能，这是组态错误。控制器故障和用户故障处理程序不会执行。例如：PWM0 和 PWM1 都想使用同一个输出点
-1	是	不是	不是	输出故障	指定了一个无效的输出点。PWM 只能使用 O/2 和 O/3
0				正常	没有故障
1	不是	不是	是	急停故障	只要检测到急停，就会产生此故障。此故障对控制器没有影响，当急停状态撤销后，此故障会自动被清零
2	不是	不是	是	强制输出故障	强制输出 PWM。要想 PWM 正常工作，这个强制必须被删除。此故障对控制器没有影响，当强制撤销后，此故障会自动被清零

（续）

故障代码	非用户故障	可恢复故障	指令故障	故障名称	说　明
3	是	是	不是	频率故障	输出频率小于0或大于20 000。此故障会引起控制器故障，可通过梯级逻辑来调用用户故障处理程序，去清除此故障
4	保留				
5	是	是	不是	占空比故障	占空比小于0或大于1000。此故障会引起控制器故障，可通过梯级逻辑来调用用户故障处理程序，去清除此故障

附录E　DAT故障代码

代　码	说　明	原　因	排除故障的措施
00	接口超时	通信阻塞	在梯形程序内增加SVC指令
01、02	上电自检测失败	内部故障	拔出DAT，再将它重新插入控制器内，如果仍不能清除此故障，则必须更换DAT
03～07	内部故障	内部故障	拔出DAT，再将它重新插入控制器内，如果仍不能清除此故障，则必须更换DAT
08	处理器已被其他设备所拥有①	另一个设备已拥有该控制器	释放那个设备的所有权
09	不能存取文件	另一个设备已拥有该文件，不能存取	释放那个设备的所有权
31～34	内部故障	内部故障	拔出DAT，再将它重新插入控制器内，如果仍不能清除此故障，则必须更换DAT

① 如果在下载程序中改变了通信组态，则会发生此故障。拔出DAT，再将它重新插入控制器内，或控制器重新上电，可以清除此故障。

参 考 文 献

［1］ 韩顺杰，吕树清．电气控制技术［M］．北京：中国林业出版社，2006.

［2］ 顾德英，罗长杰．现代电气控制技术［M］．北京：北京邮电大学出版社，2006.

［3］ 黄宋魏，邹金慧．电气控制与 PLC 应用技术［M］．北京：电子工业出版社，2012.

［4］ 王仁祥．常用低压电器原理及其控制技术［M］．2 版．北京：机械工业出版社，2009.

［5］ 庞科旺，刘维亭．PLC 变频器与电气控制［M］．北京：中国电力出版社，2012.

［6］ 许翏，王淑英．电器控制与 PLC 控制技术［M］．北京：机械工业出版社，2012.

［7］ 李凤阁，佟为明．电气控制与可编程序控制器应用技术［M］．北京：机械工业出版社，2008.

［8］ 钱晓龙，赵舵．MicroLogix 核心控制系统［M］．北京：机械工业出版社，2010.

［9］ Rockwell Automation. MICROLOGIX 可编程控制器可满足各种应用和预算目标的微型控制产品系列产品简介［OL］.［2009-01-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［10］ Rockwell Automation. MicroLogix 可编程控制器选型手册［OL］. ［2009-01-18］http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［11］ Rockwell Automation. Bulletin1762 控制器和扩展 I/O 用户手册［OL］.［2009-01-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［12］ Rockwell Automation. 体验我们的专业能力［OL］. ［2007-03-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［13］ Rockwell Automation. MicroLogix™1500 可编程控制器用户手册［OL］. ［1999-02-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［14］ Rockwell Automation. MicroLogix™1200 and MicroLogix1500 Programmable Controller Instruction Set Reference Manual［OL］. ［2011-01-8］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［15］ Rockwell Automation. RSLogix™ 500 SLC 500™ 及 MicroLogix™ 系列控制器编程软件快速入门手册［OL］.［2006-05-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［16］ Rockwell Automation. MicroLogix™1500 可编程序控制器及其 Compact™I/O 扩展模块产品手册［OL］.［1999-02-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［17］ Rockwell Automation. MicroLogix 可编程控制器选型指南［OL］. ［2005-04-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［18］ Rockwell Automation. RSLogix500 编程环境入门［OL］.［2006-01-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［19］ Rockwell Automation. Compact™ 1769-IF4（Series B or Later）Analog Input Module［OL］. ［2000-01-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［20］ Rockwell Automation. Compact I/O 1769-IF8 Analog Input Module［OL］.［2005-01-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［21］ Rockwell Automation. Compact™ 1769-OF2（Series B or Later）Analog Output Module［OL］.［2000-01-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［22］ Rockwell Automation. 1769 Compact I/O Modules Specifications［OL］. ［2012-01-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［23］ Rockwell Automation. AIC + Advanced Interface Converter User Manual［OL］. ［1998-01-18］. http：//www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

［24］ Rockwell Automation. Advanced Interface Converter（AIC +）Installation Instructions［OL］. ［2003-01-

18]. http://www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

[25] Rockwell Automation. DF1 Protocol and Command Set Reference Manual [OL]. [1996-01-18]. http://www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

[26] Rockwell Automation. DF1 驱动程序 [OL]. [2009-01-18]. http://www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

[27] Rockwell Automation. RSLINX CLASSIC 入门指南 [OL]. [2008-01-18]. http://www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

[28] Rockwell Automation. RSView32 用户指南 [OL]. [2005-01-18]. http://www. rockwellautomation. com/chn/support/library. page?.

罗克韦尔自动化技术丛书

书　名	书　号	定 价
1、循序渐进Power Flex变频器	20376-6	33.00
2、循序渐进Kinetix集成运动控制系统	24498-1	45.00
3、电气控制与可编程序控制器应用技术	22095-4	49.00
4、ControlLogix系统实用手册	23037-3	58.00
5、循序渐进SLC500控制系统与PanelView训练课	23038-0	45.00
6、深入浅出NetLinx网络架构	24983-2	30.00
7、ControlLogix系统电力行业自动化应用培训教程	24127-0	58.00
8、循序渐进CMS机器控制系统	25797-4	47.00
9、ControlLogix系统水泥行业自动化应用培训教程	26077-6	39.00
10、MicroLogix核心控制系统	31237-6	59.00
11、ControlLogix系统在污水处理行业中的应用	35489-5	45.00
12、ControlLogix系统在给水处理行业中的应用	35490-1	45.00
13、PAC编程基本教程	36030-8	85.00
14、AB变频器及其控制技术	37125-0	34.00
15、Micro800控制系统	41257-1	34.00
16、罗克韦尔自动化设备应用基本教程	42230-3	32.00
17、ControlLogix系统组态与编程——现代控制工程设计	42627-1	65.00
18、电气控制与MicroLogix1200/1500应用技术	47412-8	50.00

地址：北京市百万庄大街22号
邮政编码：100037
电话服务
社服务中心：010-88361066
销售一部：010-68326294
销售二部：010-88379649
读者购书热线：010-88379203
网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952
封面无防伪标均为盗版

上架指导：工业技术/工业自动化
ISBN 978-7-111-47412-8
策划编辑◎林春泉 / 封面设计◎鞠杨



定价：50.00元